

Université de Montréal

Analyse occlusale informatisée, sur une période de six mois post-traitement, comparant des cas traités par orthodontie fixe et par aligneurs amovibles

par
Colette Boulos

Département de santé buccale – Section d'Orthodontie
Faculté de Médecine Dentaire

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures et postdoctorales
en vue de l'obtention du grade de
M. Sc (médecine dentaire), option orthodontie

Mars 2020

© Colette Boulos, 2020

Université de Montréal
Département de santé buccale – Section d'Orthodontie
Faculté de Médecine Dentaire

Ce mémoire intitulé

Analyse occlusale informatisée, sur une période de six mois post-traitement, comparant des cas traités par orthodontie fixe et par aligneurs amovibles

présenté par
Colette Boulos

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Dr Jack Turkewicz, président-rapporteur
Dre Andrée Montpetit, directrice de recherche
Dr Patrick Arcache, co-directeur de recherche
Dr Olivier Roca, membre du jury

Résumé

Objectif: Suite aux traitements avec aligneurs, une insuffisance de contacts postérieurs est souvent notée cliniquement: existe-t-elle réellement, se corrige-t-elle spontanément? Cette étude vise à comparer la qualité de l'occlusion statique chez des patients ayant été traités avec boîtiers conventionnels ou par aligneurs, dès la dépose des appareils orthodontiques et après six mois de mise en place fonctionnelle.

Matériel and Méthodes: La mise en place fonctionnelle de l'occlusion chez des sujets traités par boîtiers conventionnels (GB, n=25) ou par aligneurs (GA, n=14) et par a été évaluée par un système d'analyse occlusale informatisée (T-scan 9), au moment de la dépose (T0), puis à 3 et 6 mois de contention (T3 et T6). Les sujets (41% de filles, âge moyenne de $19,38 \pm 5,98$ ans), étaient traités sans extractions, ni chirurgie, avec pour contention des fils collés ou appareils sans recouvrement occlusal. La symétrie et la simultanéité des contacts ainsi que la position antéro-postérieure du centre de forces (CF) étaient évalués.

Résultats : À tout moment (T0, T3, T6), aucune différence statistiquement significative n'a été observée quant à la position antéro-postérieure du CF ($p=0,854$), la répartition ou la simultanéité des contacts, quelle que soit la modalité de traitement. Le CF était situé antérieurement chez les patients de sexe féminin à tout temps ($p=0,002$). La mise en place fonctionnelle semblait être terminée dès trois mois pour les deux groupes.

Conclusion:

La qualité de l'occlusion était comparable dans les deux groupes six mois après la dépose des appareils orthodontiques, signifiant l'absence d'influence du type de traitement à court terme. Le sexe féminin pourrait être associé à un CF plus antérieur même après six mois de mise en place fonctionnelle.

MOTS-CLÉS: Mise en place fonctionnelle, Occlusion, Béance postérieure, Analyse occlusale digitale, Centre de forces, Aligneurs, Traitement par multi-attaches

Abstract

Objective: Following aligner therapy, a lack of posterior contacts is common and is expected to resolve with settling. The aim of the study was to compare the quality of occlusion and settling, immediately after treatment and during a retention period of six months, in patients treated with fixed appliance therapy or clear aligners.

Materials and Methods: 25 patients treated with fixed appliances and 14 patients treated with aligners were evaluated by a digital occlusal analysis (T-Scan 9) at time of debonding (T0) and 3 and 6 months later (T3 and T6). Subjects (41% female, average age 19.38 ± 5.98) were treated without extraction or maxillofacial surgery using either bonded wires or removable appliances without occlusal coverage as retainers. Contact symmetry, simultaneity and the antero-posterior position of the Center of Force (COF) were assessed at the time of debonding, and after 3 and 6 months of retention.

Results: At all times of evaluation, the COF position was not statistically different for both treatment modalities ($p=0.854$), but was located more anteriorly in female patients when compared to male patients ($p= 0.002$). Settling appeared to be completed by 3 months in both groups.

Conclusion: The quality of the occlusion was comparable after 6 months of settling when treated with either treatment modality indicating no short-term effect of treatment type. Females maintained a more anterior COF after six months of retention.

KEY WORDS: Settling, Occlusion, Posterior occlusion, Digital occlusal analysis, Center of Force, Aligners, Fixed appliance therapy

Table des matières

Résumé	3
Abstract	4
Table des matières	5
Liste des tableaux	7
Liste des figures	8
Liste des abréviations	9
Remerciements	11
1 Introduction	13
2 Recensement des écrits	15
2.1 Occlusion	15
2.1.1 Définitions	15
2.1.2 Une occlusion fonctionnelle idéale	18
2.1.2.1 Historique	18
2.1.2.2 Objectifs occlusaux orthodontiques	20
2.1.3 Conséquences d'une occlusion non idéale	23
2.2 Modes de traitement en orthodontie	28
2.2.1 Boitiers conventionnels	28
2.2.1.1 Historique	28
2.2.1.2 Fonctionnement	29
2.2.1.3 La finition avec des boitiers conventionnels	29
2.2.2 Coquilles thermoformées- Invisalign	31
2.2.2.1 Historique	32
2.2.2.2 Fonctionnement	32
2.2.2.3 Indications et efficacité	34
2.2.2.4 Avantages	35
2.2.2.5 Inconvénients et limitations	37
2.3 La phase de rétention en orthodontie	41
2.3.1 La mise en place fonctionnelle ou <i>settling</i>	41
2.3.2 L'influence de la rétention sur le <i>settling</i>	42
2.4 Méthodes d'enregistrement occlusal	47
2.4.1 Méthodes qualitatives	47

2.4.1.1	Description	47
2.4.1.2	Limitations de ces méthodes	48
2.4.2	Méthodes quantitatives	50
2.4.3	T-scan	51
2.4.3.1	Introduction au système T-scan	51
2.4.3.2	Fonctionnement de l'appareil	52
2.4.3.3	Avantages	57
2.4.3.4	Applications intéressantes	58
2.4.3.5	Limitations	59
3	Objectifs et hypothèses	61
3.1	Objectifs	61
3.2	Hypothèses	61
3.3	Résultats attendus	62
4	Article soumis	63
5	Discussion	78
5.1	Vérification des hypothèses	78
5.2	Intérêt clinique	78
5.3	Limitations de l'étude	79
5.4	Avenues de recherche	81
5.5	Sources de financement	82
6	Conclusion	83
	Bibliographie	84
	Annexes	95

Liste des tableaux

Tableau 1.	Les six clés de l'occlusion d'Andrews.	19
Tableau 2.	Baseline sample description of fixed appliance and aligner groups.	70
Tableau 3.	Variation in occlusal factors and patient comfort between T0 and T6 for fixed appliance and aligner groups.	71
Tableau 4.	Antero-posterior position of Center of Force at T0, T3 and T6 for fixed appliance and aligner groups.	72

Liste des figures

Figure 1.	L'articulation temporomandibulaire.	16
Figure 2.	Types d'occlusion selon Angle.	18
Figure 3.	Relation de classe II thérapeutique.....	21
Figure 4.	La technique de l'arc droit	29
Figure 5.	Élastiques verticaux pour améliorer l'inter-digitation des dents en finition	30
Figure 6.	Tooth positioner	31
Figure 7.	Clincheck Pro®	33
Figure 8.	Béance postérieure visible immédiatement suite à un traitement avec aligneurs. 39	
Figure 9.	Différents appareils de rétention	44
Figure 10.	Système T-scan	52
Figure 11.	Système T-scan	53
Figure 12.	Analyse occlusale obtenue avec le logiciel du T-scan	54
Figure 13.	Formules mathématiques employées par le logiciel T-scan 9 pour calculer la position du centre de forces.	55
Figure 14.	Centre de forces et trajectoire du centre de forces	56
Figure 15.	Posterior open bite as often seen immediately following aligner therapy	65
Figure 16.	Study Design Flow Chart	68
Figure 17.	Variation in time of the antero-posterior position of COF for fixed appliance and aligner groups.....	71
Figure 18.	Variation in time of the antero-posterior position of Center of Force for male and female patients	72
Figure 19.	Example of a Clincheck™ incorporating strategies to avoid posterior open bite 75	
Figure 20.	T-Scan 9 occlusal analysis for same patient, at T0, T3 and T6.....	76

Liste des abréviations

CF : centre de forces
COF : center of force (centre de forces)
GA : groupe aligneurs
GB : groupe boitiers
OGB : Objective Grading System
OT : occlusion time (temps d'occlusion)
PAR : Peer Assessment Review
PC : patient confort (confort du patient)
T0 : temps 0, moment de la fin du traitement actif
T3 : temps après 3 mois de rétention
T6 : temps après 6 mois de rétention
%R : pourcentage des contacts sur le côté droit

À mes amours, Philippe et Gabrielle.

La persévérance, c'est ce qui rend l'impossible possible, le possible probable et le probable réalisé.

-Léon Trotsky-

Remerciements

Ce projet de recherche n'aurait pas été possible sans le support et la précieuse collaboration de plusieurs personnes.

J'aimerais tout d'abord remercier Dre Andrée Montpetit, ma directrice de recherche d'avoir accepté de m'épauler et de me guider tout au long de ce projet de recherche. Merci également de m'avoir permis de recruter des patients de votre bureau privé. Je suis aussi reconnaissante envers Dr Patrick Arcache, mon co-directeur de recherche, Dr Jack Turkewicz, président rapporteur, ainsi que Dr Olivier Roca pour votre temps et vos précieux conseils en tant que membres de mon jury.

Merci à M. Pierre Rompré, statisticien, pour votre accompagnement et votre dévouement. Votre rigueur et le temps que vous m'avez consacré m'ont permis de tirer pleinement profit du projet et de mes données.

Merci également à Dr Robert Kerstein, expert de Tekscan pour votre expertise et de m'avoir permis de découvrir et d'exploiter la technologie T-scan à son plein potentiel. Merci pour les conseils offerts lors de la rédaction de l'article. Merci finalement à la compagnie Tekscan de nous avoir généreusement fourni les capteurs pour l'étude.

Je remercie sincèrement Dre Julia Cohen-Levy de m'avoir présenté cette idée de projet de recherche, de m'avoir accompagnée au travers toutes les étapes du projet. Merci pour ta patience, pour ta générosité, pour ta disponibilité et pour tes conseils. J'ai beaucoup appris de toi au fil de ces trois années tant sur le plan professionnel que personnel. Tu as été une professeure, une collègue avec qui j'ai partagé tant de hauts et de bas, un support moral et une amie.

Je remercie le corps professoral et les cliniciens du département d'orthodontie qui m'ont permis de me développer au fil de ces trois années. Chacun de vous a contribué à sa façon à ma

formation et j'ai appris de vous grâce à vos conseils, à nos discussions fructueuses et à votre enseignement.

Merci à mes co-résidents Gabrielle, Khang, Julia et Mathieu. C'est dur de croire que j'écris déjà ces quelques lignes et qu'on approche de la fin de notre parcours ensemble. Je suis reconnaissante d'avoir relevé ce défi à vos côtés. Vous m'avez chacun inspiré par vos talents et vos qualités. Vous, ainsi que les autres résidents que j'ai côtoyés au fil des trois années ont fait de cette tranche de ma vie, une expérience mémorable.

Merci à ma famille : mes parents, beaux-parents, sœurs, belles-sœurs, et beaux-frères. Merci pour votre amour et soutien inconditionnel. Merci de m'avoir portée quand je pensais ne plus avoir la capacité de continuer à avancer! Merci de vous être occupés de mes enfants et de leur avoir donné tant d'amour pour qu'ils sentent le moins possible l'absence de leur maman. Et merci surtout à toi, Ziad. Merci d'avoir été un roc infaillible. Ces années ont été intenses. Merci de m'avoir toujours épaulée, et par ton calme et ta confiance en moi et en la vie, tu m'as aidée à mener à terme notre projet.

1 Introduction

L'obtention d'une occlusion stable et fonctionnelle est l'un des objectifs principaux visés lors d'un traitement orthodontique. Les critères occlusaux recherchés incluent la simultanéité et la répartition symétrique des contacts, ainsi qu'une prédominance des contacts sur les dents postérieures, tel que dicté par les principes d'occlusion sous protection mutuelle. (1–3) L'occlusion joue un rôle important pour favoriser la stabilité suite à un traitement orthodontique; une finition orthodontique de qualité en termes d'occlusion réduirait le taux de récurrence à long-terme. (4–6) De plus, plusieurs auteurs ont rapporté que les disharmonies occlusales pourraient être corrélées à des problèmes potentiels tels que les dysfonctions temporomandibulaires, la maladie parodontale, les lésions d'abfraction cervicales ou à une mastication moins efficace, bien que ces relations demeurent controversées. (7–11)

En 2019, trois revues systématiques comparant les résultats obtenus suite à des traitements par aligneurs ou par multi-attaches ont conclu que les aligneurs seraient moins efficaces que les méthodes conventionnelles, particulièrement pour l'obtention de contacts adéquats. (12–14) De plus, suite à des traitements par aligneurs, plusieurs cliniciens ont rapporté le développement de béances postérieures et ont cherché des astuces pour les éviter. (15,16) Les critères occlusaux décrits précédemment sont-ils donc respectés avec des traitements par aligneurs?

La période de mise en place fonctionnelle, qui fait suite au traitement orthodontique actif, permettrait de pallier ce manque de contacts postérieurs. Plusieurs études ont évalué cette phase et ont démontré que, lorsque les dents sont laissées libres de se déplacer verticalement, le nombre contacts augmente. (17–20)

La majorité des évaluations occlusales effectuées dans les études menées pour observer les changements durant cette période de mise en place fonctionnelle ont été faites à l'aide de méthodes conventionnelles d'enregistrement occlusal, tel le papier d'occlusion. Des études récentes ont toutefois démontré que, la marque laissée par un papier d'occlusion n'est pas un indicateur fiable, puisque la taille et l'intensité de la marque sont faiblement corrélées à la force réelle du contact occlusal. (21,22) Cette méthode, ainsi que d'autres, telles les feuilles

métalliques d'occlusion, les cires et les impressions de silicone laissent place à l'interprétation et ne procurent aucune information temporelle (séquence et chronologie des contacts) indispensable pour évaluer la simultanéité des contacts.

Dans une étude où la qualité de la mise en place fonctionnelle a été quantifiée à l'aide du T-scan, une analyse occlusale informatisée précise et objective, il a été démontré que, bien que l'occlusion statique s'était améliorée pour la majorité des patients durant cette période, certains patients avaient maintenu une distribution asymétrique de leurs contacts. (23)

L'objectif de l'étude était de déterminer si la position antéro-postérieure de la moyenne des contacts, telle qu'observée après six mois de contention, différait selon si le cas était traité par aligneurs ou par boîtiers conventionnels. Nous avons cherché à déterminer si les béances postérieures observées parfois avec traitements par aligneurs peuvent être problématiques, en évaluant leur prévalence suite aux traitements et si elles se corrigent naturellement et adéquatement lors de la mise en place fonctionnelle. À l'aide d'une méthode d'analyse précise, la qualité de la mise en place fonctionnelle, la simultanéité et la répartition des contacts ont été évaluées pour les deux modalités de traitements orthodontiques.

2 Recensement des écrits

2.1 Occlusion

2.1.1 Définitions

Les informations fournies dans cette section proviennent principalement de l'édition de 2017 du *Glossary of Prosthodontic Terms* et représentent les définitions actuelles de certains concepts d'occlusion qui sont essentiels pour la compréhension de ce projet de recherche.

L'occlusion peut être définie comme étant l'intercuspitation entre les dents supérieures et inférieures. C'est un état dynamique qui dépend des éléments du système musculosquelettique- notamment : les dents, le ligament parodontal, l'articulation temporomandibulaire, les maxillaires, les muscles et les ligaments qui y sont associés. (24,25) Selon Proffit, l'occlusion comporte deux aspects fondamentaux : la relation intra-arcades des dents, qui définit la ligne d'occlusion, et la relation inter-arcades, c'est à dire le patron des contacts occlusaux maxillaires et mandibulaires. Dans le contexte d'une occlusion physiologique, contrairement à une occlusion pathologique, tous les éléments de ce système fonctionnent en harmonie, sainement, de manière efficace et sans douleur. (26)

L'occlusion statique est l'étude de la relation entre les dents alors que les mâchoires ne sont pas en mouvement. Elle peut être évaluée dans deux positions différentes : la position d'intercuspitation maximale ou la position de relation centrée.

L'intercuspitation maximale est la position d'occlusion la plus reproductible et stable. Elle est caractérisée par le plus grand nombre de contacts inter-arcades, déterminée à la fois par la forme et la position des dents, par les récepteurs de proprioception du ligament parodontal et par l'activité musculaire, indépendamment de la position des condyles. C'est une position obtenue par réflexe, pour se trouver en équilibre après un premier contact. (27)

C'est dans cette position que sont effectuées une vaste majorité des fonctions primordiales telles que la déglutition, ainsi que certaines parafunctions comme le serrement des dents, d'où l'importance accordée à l'analyse occlusale en intercuspitation maximale. (28)

La relation centrée est une relation maxillo-mandibulaire, complètement indépendante des dents et déterminée plutôt par la relation entre les condyles et la fosse glénoïde. La définition de la relation centrée et l'importance qu'on devrait y accorder sont des notions qui ont beaucoup évolué au fil des années. Alors qu'initialement, elle était considérée comme étant la position la plus postéro-supérieure des condyles dans la fosse glénoïde, le consensus actuel est qu'elle représente plutôt la position la plus antéro-supérieure des condyles dans la fosse glénoïde, appuyés contre la pente postérieure de l'éminence articulaire (Figure 1). Cette position de référence indépendante des dents est indispensable, surtout lorsque la dentition est absente ou incomplète ou que l'occlusion en intercuspitation maximale est pathologique ou instable. (27)

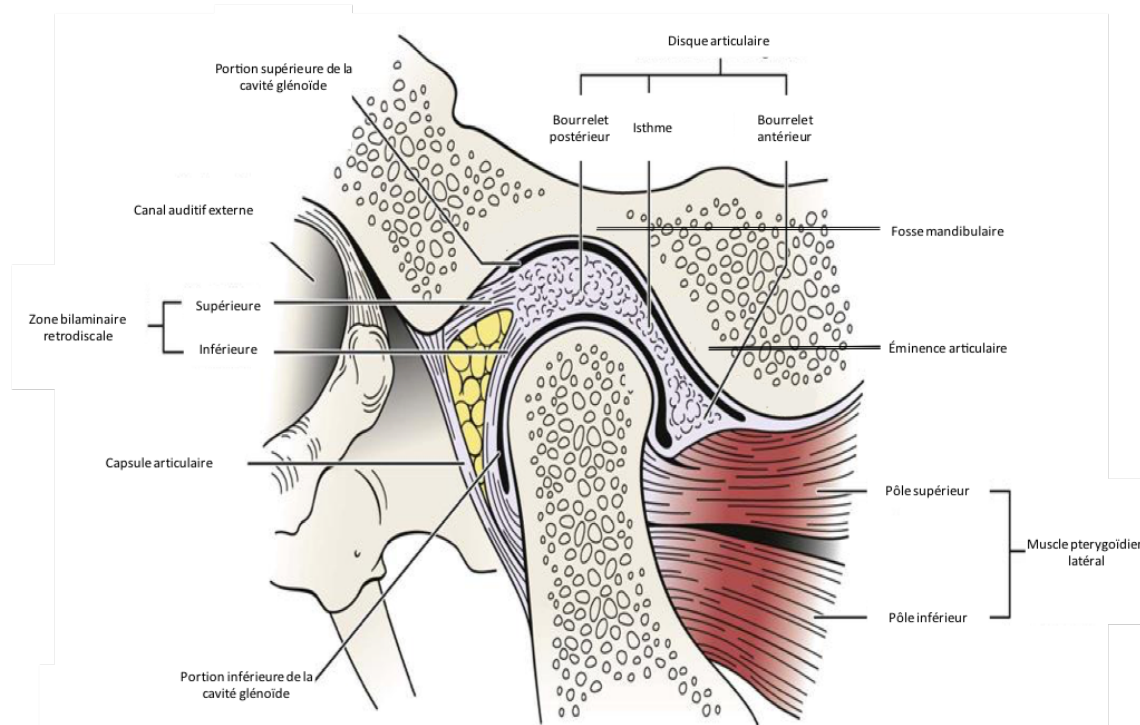


Image traduite et adaptée de Clinicalgate.com, Chapter 4, Temporomandibular Joint. (29)

Figure 1. L'articulation temporomandibulaire.

L'occlusion centrée est l'occlusion obtenue lorsque la mandibule est en relation centrée. Alors que l'occlusion en intercuspidation maximale constitue la position occlusale de référence, l'occlusion en relation centrée correspond à la position articulaire de référence. (3) Elle est la seule position orthopédique qui soit stable et reproductible. (30)

L'occlusion dynamique, contrairement à l'occlusion statique, est l'étude de la relation entre les dents alors que les mâchoires sont en mouvement. Ceci inclut les mouvements de la mandibule vers les côtés (mouvements de latéralité) et vers l'avant (mouvements de protrusion).

Lors des mouvements de latéralité, les contacts obtenus sur le côté vers lequel se déplace la mandibule sont appelés les contacts travaillants, alors que ceux du côté opposé sont dits non travaillants et sont considérés comme des interférences occlusales, c'est à dire des contacts indésirables, qui nuisent à l'harmonie des mouvements mandibulaires. Il existe deux principaux patrons de mouvements en latéralité : la fonction de groupe et la fonction canine. Lors des mouvements d'excursion de la mandibule, dans une fonction de groupe, il y a des contacts simultanés sur plusieurs et parfois toutes les dents postérieures du côté travaillant, contrairement avec la guidance canine, où seule la canine du côté travaillant est responsable de la disclusion des dents postérieures.

En propulsion, le guide incisif devrait être suffisant pour assurer une disclusion immédiate des dents postérieures.

Un contact occlusal peut être défini par une distance inter-occlusale inférieure à 50µm. Il peut être caractérisé par sa forme, sa taille et son emplacement. (31) Un faux contact est un endroit où un indicateur d'occlusion note la présence d'un contact, alors qu'il n'existe pas. (32)

2.1.2 Une occlusion fonctionnelle idéale

2.1.2.1 Historique

La première description d'une occlusion idéale fut élaborée en 1899, par Angle. Le facteur déterminant d'une occlusion idéale était selon lui, la relation sagittale des premières molaires : la cuspide mésiobuccale de la première molaire supérieure devant être en occlusion avec le sillon buccal de la première molaire inférieure et les dents placées pour former une ligne d'occlusion suivant une légère courbe régulière (Figure 2a). (33,34) À partir de cette relation idéale, il définit trois classes de malocclusions (Figures 2b-d).

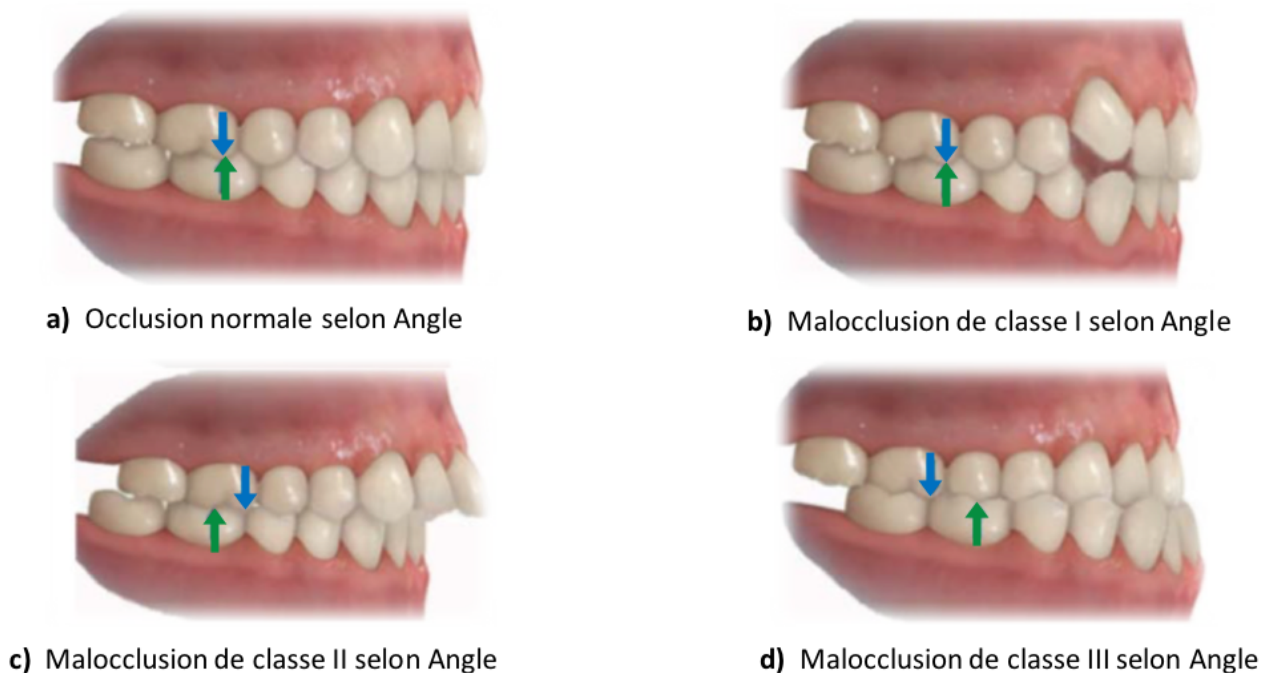


Image adaptée de *Orthodontics : Current Principles and Techniques*, Graber, 2016 (35)

Figure 2. Types d'occlusion selon Angle.

a) Occlusion normale de classe I d'Angle. b) Malocclusion dentaire de classe I : une relation molaire de classe I, mais avec présence de chevauchement ou de rotations. c) Malocclusion de classe II : position distale de la molaire inférieure par rapport à la cuspide mésiobuccale de la première molaire supérieure. d) Malocclusion de classe III : position plus mésiale de la molaire inférieure par rapport à la cuspide mésiobuccale de la première molaire supérieure

En 1972, Andrews rajouta des éléments aux déterminants d'une occlusion idéale établis par son prédécesseur. En observant 120 modèles de patients ayant une occlusion considérée idéale, il détermina des caractéristiques que l'on retrouve dans une occlusion optimale. Ces critères, décrits dans son œuvre, *The six keys to normal occlusion* et résumés dans le Tableau 1, précisèrent les objectifs souhaités. (36)

Clé de l'occlusion		Description
1 ^{ère}	Relation molaire	<ul style="list-style-type: none"> -La cuspide mésio-buccale de la première molaire s'articule dans le sillon buccal de la première molaire inférieure. -La crête marginale distale de la première molaire supérieure permanente s'articule avec la crête marginale mésiale de la deuxième molaire inférieure permanente. -La cuspide mésio-linguale de première molaire supérieure s'articule dans la fosse centrale de la première molaire inférieure. -Les prémolaires maxillaires sont en relation cuspide à embrasure avec les prémolaires mandibulaires au buccal, et cuspide à fosse au lingual. -Les canines maxillaires sont en relation cuspide à embrasure avec la première prémolaire et la canine mandibulaires.
2 ^e	Angulation coronaire	-Les axes longs des couronnes doivent avoir une angulation positive (être angulés mésialement), et l'angulation est spécifique à chaque dent
3 ^e	Inclinaison vestibulo-linguale	<ul style="list-style-type: none"> -Les couronnes des incisives supérieures sont inclinées buccalement. -Les couronnes des canines et prémolaires supérieures sont similairement inclinées lingualemment. -Les molaires supérieures sont inclinées lingualemment davantage que les prémolaires. -Les couronnes des dents inférieures sont inclinées lingualemment de façon progressive des canines aux molaires.
4 ^e	Rotations	Il ne devrait pas y avoir de rotation.
5 ^e	Points de contact	Il devrait y avoir des points de contacts serrés entre les dents.
6 ^e	Plan occlusal	La profondeur de la courbe du plan occlusal, ou courbe de Spee, varie de plat à légèrement concave.

Information tirée du livre *The six keys to normal occlusion*, *Am J Orthod*, 1972 (36)

Tableau 1. Les six clés de l'occlusion d'Andrews

En 1969, Ricketts décrit la répartition idéale des contacts recherchés dans une occlusion normale de classe I. Selon ses observations, il devrait y avoir vingt-quatre contacts occlusaux par demi-arcade en intercuspidation maximale distribués selon un patron précis. Il souligne l'importance des deuxièmes prémolaires maxillaires, en les décrivant comme les dents déterminantes pour une bonne occlusion. (37–39)

En 1976, Roth, orthodontiste et gnathologiste, fut le premier à recommander des objectifs occlusaux fonctionnels, puisque jusqu'alors, seule l'occlusion statique était considérée :

- La relation centrée et la position d'intercuspidation maximale devraient coïncider
- En latéralité, une guidance canine est souhaitable
- En protrusion, il devrait y avoir une disclusion des dents postérieures.

Il rajouta aussi qu'en intercuspidation maximale, il devrait y avoir des contacts bilatéraux et symétriques en postérieur et une distance de 0,0005 pouces entre les dents antérieures. (1,40,41)

Par la suite, Slavicek, Tweed et bien d'autres, détaillèrent à leur tour les caractéristiques déterminantes d'une occlusion idéale. (42,43)

2.1.2.2 Objectifs occlusaux orthodontiques

Il existe de nombreuses techniques de traitement orthodontique basées sur différents concepts occlusaux (Tweed, Ricketts, Roth, Merrifield). (1) Quelle que soit leur philosophie de traitement, les orthodontistes accordent une grande importance à la qualité de l'occlusion obtenue et sont responsables d'assurer un nouvel équilibre occlusal qui soit esthétique, fonctionnel et stable. En effet, le succès à court et long-terme d'un traitement orthodontique est dépendant de l'obtention d'une occlusion statique et fonctionnelle idéales. (44)

Bien que, selon la technique, il y ait quelques divergences dans les objectifs recherchés, ceux présentés ci-dessous sont généralement considérés par la plupart comme étant des caractéristiques souhaitables pour une occlusion fonctionnelle idéale.

➤ Relation classe I canine et molaire

Telle que définie par Angle et Andrews et décrite précédemment, dans le plan sagittal, une relation classe I est une des caractéristiques d'une occlusion fonctionnelle idéale. Toutefois, certaines situations occlusales de compromis sont généralement acceptées en orthodontie, telle la classe II thérapeutique dans des cas de décalage sagittal squelettique avec extractions de deux prémolaires maxillaires, qui génère des rapports d'occlusion de Classe I canine et de Classe II molaire (Figure 3). (44)

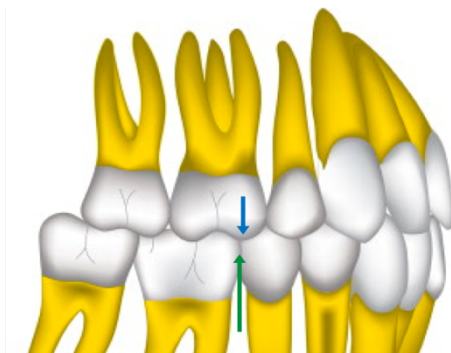


Image adaptée de *International Orthodontics*, Afaf et al., 2014 (45)

Figure 3. Relation de classe II thérapeutique

➤ Occlusion de protection mutuelle

Roth, Okeson, Durbin, Sadowsky, Ehrlich et Taicher, ainsi de nombreux autres experts se sont basés sur diverses études pour décrire le concept d'une occlusion de protection mutuelle, qui comporte deux principes fondamentaux : (1,40,41,3,17,46,47,37,2)

1) Dominance des contacts postérieurs

Les contacts doivent être forts sur les dents postérieures et faibles sur les dents antérieures (voire même 0,0005 pouces en infraclusion d'après Roth (1,40,41)) puisque les molaires, avec la surface large de leurs racines, résistent mieux aux forces verticales occlusales. Cet objectif est validé par plusieurs études, dont celle menée par Filtchev, démontrant une prédominance naturelle des contacts occlusaux sur les dents les plus postérieures dans 90% des cas chez des patients avec une occlusion de classe I. (2)

2) Occlusion dynamique adéquate

Selon, les principes dictés par une occlusion sous protection mutuelle :

- En propulsion, le guide incisif devrait être suffisant pour assurer une disclusion immédiate des dents postérieures.
- En latéralité, les contacts travaillants doivent permettre une disclusion immédiate du côté non travaillant. Les canines (guidance canine) sont les dents les plus favorables pour permettre ce type de guidance, mais une fonction de groupe peut aussi être adéquate. (3)

➤ Symétrie des contacts droite et gauche

Les contacts doivent être bilatéraux et répartis de façon égale sur les segments postérieurs. (1,40,41)

➤ Simultanéité des contacts

Lors de la fermeture, les dents doivent entrer en contact entre-elles en même temps, c'est à dire que le temps entre le moment où le premier et le dernier contact se font soit presque nul. (3)

➤ Concordance entre l'occlusion de relation centrée et la position d'intercuspidation maximale

Les conséquences pouvant découler d'une divergence entre l'occlusion centrée et la position d'intercuspidation maximale, que l'on appelle glissement, font l'objet de grands débats. De nombreuses études ont démontré que, la position d'intercuspidation maximale est en moyenne de 0,1 à 1,8 mm antérieure à la relation centrée, comme celle menée par Seligman et Pullinger, démontrant que dans 90% de la population, il existe un glissement jusqu'à 1,75mm entre les deux positions. (48) Selon une revue de littérature effectuée par McNamara et al. en 1995, pour faire une mise au point sur les liens entre les facteurs occlusaux et les désordres temporomandibulaires, il faut un glissement supérieur à 4mm pour augmenter le risque de développer des désordres temporomandibulaires et dans ces cas, il est difficile de savoir si le

glissement ne serait pas plutôt une conséquence des problèmes articulaires plutôt que leur cause. (49) Malgré cette divergence d'opinions, pour la plupart des experts, lors d'un traitement orthodontique, faire coïncider la position la plus stable des condyles (la relation centrée) avec celle où il y a le maximum de contacts occlusaux, demeure un objectif à atteindre. (3)

➤ Surplomb horizontal et vertical idéaux

Idéalement, le surplomb horizontal doit être de 2 à 3mm et le surplomb vertical de 1 à 2mm (ou de 30%) pour favoriser la présence d'un guidage antérieur adéquat. (44)

2.1.3 Conséquences d'une occlusion non idéale

Le rôle que joue l'occlusion dans le développement de certaines pathologies et dysfonctions, fait l'objet, depuis plusieurs années, de nombreuses controverses. En voici quelques-unes :

➤ Désordres temporomandibulaires

Il y a près de 30 ans, de nombreuses études ont démontré des associations statistiquement significatives entre les occlusions non idéales (glissements entre l'occlusion centrée et la position d'intercuspidation maximale, surplomb horizontal et vertical augmentés, malocclusions d'Angle, occlusions croisées,..) et les désordres temporomandibulaires. (7) Dans les dernières années, après avoir été révisées par d'autres experts, certaines d'entre-elles ont été réfutées, dû à des faiblesses au niveau de la méthodologie qui avait été employée. La revue de littérature menée par McNamara et al. en 1995, a démontré que l'association entre les malocclusions et les désordres temporomandibulaires serait plutôt faible. Ces derniers ont noté néanmoins cinq facteurs occlusaux pouvant augmenter les risques de développer des désordres temporomandibulaires: béances antérieures, surplombs horizontaux de plus de 6-7mm, articulés croisés unilatéraux postérieurs, glissement entre l'occlusion centrée et la position d'intercuspidie maximale de plus de 4mm et absence de plus de cinq dents en régions postérieures. (49) Okeson, de son côté, suite à une revue extensive de la littérature, inclut

l'occlusion comme un des cinq facteurs étiologiques pouvant être associés aux problèmes d'articulation temporo-mandibulaires, les autres étant les traumatismes, le stress émotionnel, la douleur et les para-fonctions, mais selon lui, l'adaptabilité du patient jouerait le rôle le plus déterminant et mériterait d'être étudié plus en détail. (50)

➤ Problèmes parodontaux et péri-implantites

Le rôle que jouent les facteurs occlusaux dans le développement des affections parodontales demeure un sujet de controverse. Certains auteurs sont plutôt d'avis que, l'occlusion ne peut pas nécessairement être considérée comme un facteur menant à la progression de la parodontite et que, en présence d'une occlusion traumatique, les problèmes parodontaux devraient être traités sans requérir d'ajustements occlusaux. (51)

À l'inverse, la place de l'occlusion dans le développement des maladies parodontales a été constatée dans plusieurs études. Dans l'étude épidémiologique transversale de Bernhardt, portant sur 2980 patients, l'influence des interférences lors de l'occlusion dynamique sur la profondeur des poches parodontales aurait été démontrée. L'effet des interférences du côté balançant sur la perte d'attache et sur la profondeur des poches était statistiquement significatif, bien que faible par rapport à d'autres facteurs tels que l'âge et le sexe du patient, l'index de plaque et la consommation de tabac. (8) Ainsi, une occlusion idéale, selon certains, serait un facteur essentiel pour le maintien d'un parodonte sain. Une bonne répartition des contacts occlusaux diminuerait le stress appliqué sur les dents et sur leur ligament parodontal en dirigeant les forces verticalement et parallèlement aux axes longs des dents.

Une pathophysiologie semblable pourrait justifier qu'une occlusion traumatique soit liée au développement de péri-implantite. Il est généralement accepté que, la dégradation menant à l'échec d'un implant, est la conséquence de la réponse inflammatoire de l'organisme, activée pour se défendre d'une invasion bactérienne. Le rôle de l'occlusion comme cofacteur au développement des péri-implantites fait l'objet de nombreux débats. Plusieurs cas rapportés décrivent cette association et comment l'élimination de l'occlusion traumatique aurait mené à

la résorption spontanée de la péri-implantite, une disparition de la perte osseuse entourant l'implant radiologiquement et avec une stabilité observée jusqu'à 4 ans plus tard. (52,53)

➤ Abfraction

L'abfraction est une perte des tissus durs de la dent causée par des contraintes biomécaniques de flexion induites par les forces occlusales. La concentration des contraintes dans la région cervicale de la dent cause des micro-fractures, là où l'émail est le plus faible.

Bien que plusieurs études cliniques aient démontré la fréquence plus élevée d'abfraction chez des patients présentant des signes de contraintes occlusales excessives (présence de facettes d'usure, de contacts prématurés et de bruxisme) (9), d'autres études n'ont pas pu confirmer cette association. (54–57) La relation cause-à-effet demeure donc incertaine.

➤ Fractures de dents ou d'implants

Bien que très rare, les fractures de dents et d'implants ont été associées dans certains cas à des forces occlusales excessives. (58–60)

➤ Mastication moins efficace

La capacité de bien mâcher et de réduire les aliments avant de les avaler est un objectif important des traitements qui modifient l'occlusion, comme l'orthodontie. L'association entre une bonne occlusion et une mastication efficace n'est pas encore clairement définie, mais il semblerait qu'il existe effectivement une corrélation entre une surface des contacts occlusaux réduite et une diminution de la capacité de mastication, tel que décrit depuis 1965, par Yuristas. (10) Récemment, certaines études ont démontré que, la capacité masticatoire est réduite chez les patients présentant une malocclusion d'Angle de classe I, II et III, par rapport aux patients ayant une occlusion idéale. Des tests pour évaluer la taille des particules une fois les aliments mastiqués ont été utilisés dans une étude pilote, sur un échantillon de 185 patients et ont

démontré que les sujets ayant une occlusion normale avaient des particules de tailles significativement plus petites que ceux ayant des malocclusions. (11,31)

En contraste avec ces résultats, d'autres études, comme celle de Van de Braber et al., ont trouvé peu d'améliorations à la fonction masticatoire suite à un traitement orthodontique impliquant des avancements mandibulaires chirurgicaux dans des cas de rétrognathies mandibulaires. (61) Ces résultats vont dans le même sens que d'autres études, ayant constaté de faibles corrélations entre le nombre de contacts occlusaux et la capacité masticatoire. (62)

➤ Récidive suite à des traitements orthodontiques

La qualité de la finition et l'obtention d'une occlusion répondant aux critères élaborés précédemment, sont-ils un gage d'une stabilité occlusale à long terme? Certains sont effectivement d'avis qu'une bonne répartition des contacts occlusaux en position d'intercuspidation maximale jouent, non seulement un rôle pour assurer une fonction adéquate, mais pourraient aussi diminuer les chances de récurrence. (63)

De Freitas et al. ont comparé de façon rétrospective, la récurrence post rétention en divisant un échantillon de 87 patients (de classe I ayant tous eu un traitement impliquant les extractions de quatre prémolaires), en deux groupes, selon l'indice PAR et l'indice de Little obtenus en fin de traitement. Ils ont réévalué ces mêmes indices après la période de contention et ont observé que les cas orthodontiques terminés avec une meilleure finition présentaient une meilleure stabilité occlusale après environ deux ans de rétention que les cas terminés avec une moins bonne finition. Cependant, il y avait plus de récurrence au niveau de l'alignement des incisives chez le groupe ayant eu une finition plus soignée, et les auteurs en ont conclu, comme l'avaient démontré plusieurs autres études, que l'alignement des incisives mandibulaires est imprévisible et indépendant de la qualité de la finition, contrairement, à d'autres caractéristiques de l'occlusion. (5)

Maia et al. ont mené plus récemment une étude semblable à celle de De Freitas, avec une plus longue période de suivi (en moyenne 8.5 ans) et avec un plus grand échantillon, qu'ils ont aussi divisé en deux groupes, selon l'indice PAR en fin de traitement. Leurs conclusions ont été en accord avec celles décrites plus haut: les cas mieux finis préservent une meilleure occlusion après plusieurs années à l'exception de la région antérieure, qui a plutôt tendance à se détériorer. (6)

D'autres ne croient pas que la qualité de la finition du traitement orthodontique, y compris les relations occlusales, affectent la stabilité du traitement orthodontique à long terme. Ormiston et al. ont cherché à identifier les facteurs qui pourraient avoir un effet sur la récurrence orthodontique en comparant deux groupes divisés selon le montant de récurrence encouru pendant la période de rétention. À l'aide d'analyses de régression, ils ont observé que l'indice d'irrégularité des incisives et le PAR initiaux étaient fortement corrélés avec la récurrence, alors que la qualité de la finition et de l'occlusion en fin de traitement avaient peu d'influence sur la stabilité. (64)

Il est certain que, même quand toutes les conditions occlusales ont été atteintes, d'autres facteurs peuvent influencer la stabilité : les fibres gingivales et transeptales, les dysfonctions, l'équilibre musculaire et la croissance, jouent certainement un rôle important. (44)

2.2 Modes de traitement en orthodontie

Il existe différentes modalités de traitement en orthodontie qui peuvent être soit fixes ou amovibles. Dans cette section, nous décrirons les deux modes de traitements qui ont été utilisés chez les patients ayant fait partie de notre étude : les boîtiers conventionnels et les aligneurs amovibles Invisalign®. Dans cette section, les différences entre ces deux modalités seront présentées, ainsi que comment ces distinctions pourraient avoir un impact sur la finition et sur la stabilité à long terme.

2.2.1 Boîtiers conventionnels

En orthodontie, la technique la plus souvent utilisée est celle des boîtiers conventionnels, ou plus communément appelée « broches », qui a été développée depuis plus d'un siècle. L'information provenant de cette section est basée principalement sur des explications et définitions tirées de la cinquième édition de l'ouvrage de Proffit et Fields : *Contemporary Orthodontics*. (44)

2.2.1.1 Historique

Les premiers appareils orthodontiques fixes furent développés au début du vingtième siècle, par Edward Angle, que l'on surnomme le père de l'orthodontie moderne. Il a d'abord introduit le système *E-arch*, auquel il apporta plusieurs modifications pour créer le *Pin and tube appliance*, suivi du *Ribbon arch*, et conçut finalement en 1926, le système *Edgewise*, que l'on utilise encore aujourd'hui. (65)

En 1972, Andrews simplifia grandement les traitements orthodontiques, en développant la technique *Straight wire* (ou technique de l'arc droit). Alors que, jusqu'à ce moment, la technique traditionnelle *Edgewise* exigeait que l'orthodontiste fasse des plis dans le fil pour compenser pour l'anatomie différente de chacune des dents, Andrews se basa sur les observations qu'il avait faites sur les modèles de 120 patients lorsqu'il établit ses six clefs de

l'occlusion, pour élaborer son système. Il créa un boîtier spécifique à chaque dent, en faisant varier l'épaisseur et l'inclinaison de la base de chacun d'entre-eux, éliminant la nécessité des plis de compensation, ce qui facilita grandement les traitements (Figure 4). (66)

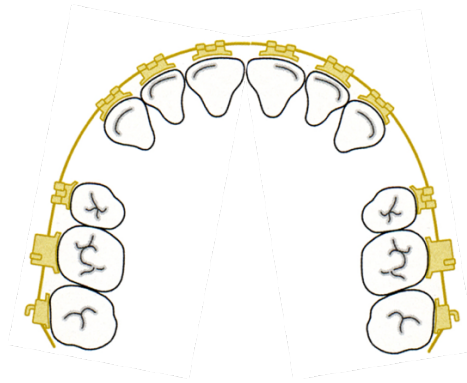


Image adaptée du cours de Biomécanique, Département d'orthodontie de l'Université de Montréal, Remise C., 2017. (67)

Figure 4. La technique de l'arc droit

2.2.1.2 Fonctionnement

Dans un traitement avec boîtiers conventionnels, les composantes principales sont : les boîtiers qui sont collés sur les dents et les fils orthodontiques les reliant ensemble. Les dents se déplacent grâce à la force appliquée par les fils et transmise aux dents par l'entremise des boîtiers. Il existe différentes options de configuration et de matériaux de composition pour les boîtiers et les fils, ayant chacun leur spécificité, avantages et limitations. Une bonne compréhension de ces facteurs est importante afin d'assurer un bon contrôle des mouvements et d'optimiser les traitements orthodontiques

2.2.1.3 La finition avec des boîtiers conventionnels

Avec des boîtiers conventionnels, le traitement orthodontique peut être divisé en trois phases :

- 1) alignement, nivellement des arcades et corrections des articulés croisés
- 2) obtention d'une relation classe I canine, et fermeture des espaces
- 3) finition

Les objectifs lors de la phase de finition, sont d'obtenir un alignement idéal des couronnes, une dispersion adéquate des racines et une bonne interdigitation des dents. Vers la fin du traitement, il n'est pas inhabituel d'avoir une interdigitation incomplète des dents, vu que les fils de plus gros calibres utilisés lors du traitement retiennent les dents et peuvent les empêcher de bien s'engrener ensemble. Pour pallier à ceci, plusieurs techniques pourraient être employées en finition pour améliorer l'intercuspitation des dents. Proffit préconise entre-autre deux méthodes pour adresser ceci, à employer pendant une à deux semaines, lors de la finition :

- Utiliser des fils ronds et de plus petite dimension en conjonction avec des élastiques verticaux (méthode proposée par Tweed en 1940).
- Couper les fils orthodontiques au distal des dents antérieures et employer des élastiques verticaux sur les dents postérieures (Figure 5).
- Une alternative serait d'améliorer l'intercuspitation une fois le traitement terminé, parfois avec l'aide d'appareils tels un *tooth positioner*, un appareil fait d'un matériel semblable à du caoutchouc, qui est retenu en bouche en mordant dedans, et qui guiderait les dents lors de leur éruption passive (Figure 6). (68)

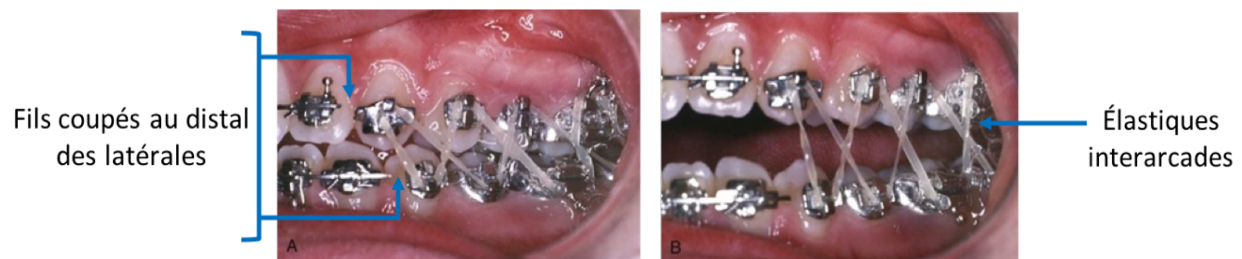


Image adaptée de *Contemporary Orthodontics*, Proffit et Fields, 2013. (44)

Figure 5. Élastiques verticaux pour améliorer l'inter-digitation des dents en finition



Image tirée de orthopracticeus.com

Figure 6. Tooth positioner

D'autres écoles de pensée, croient plutôt que, les dents pourraient naturellement entrer en contact, lors de la phase de rétention, lorsque laissées libres de se déplacer, par un phénomène de mise en place fonctionnelle (voir section 2.31). D'ailleurs, Tweed préconise de maintenir volontairement les deuxièmes molaires hors d'occlusion lors du traitement actif et de les laisser érupter passivement durant la phase de rétention. (43,69)

Pendant le traitement, l'emploi d'élastiques inter-arcades est fréquent, et pourraient avoir comme effet, entre-autres de positionner les condyles différemment dans la fosse glénoïde. Lors de la phase de finition, il pourrait être avantageux d'arrêter ou de diminuer le port des élastiques pour s'assurer que la position de la mandibule est stable et qu'il n'y ait pas un repositionnement de la mandibule, ou rebond après le traitement. Proffit et Fields recommandent un temps d'arrêt de quatre à huit semaines pour éviter ceci.

2.2.2 Coquilles thermoformées- Invisalign

L'alignement des dents avec un système de coquilles thermoformées, comme Invisalign®, est une option de traitement qui s'offre aux patients depuis plus de vingt ans. Cette méthode révolutionnaire est complètement différente du système conventionnel de boîtiers fixes. Son fonctionnement, ses avantages et ses limitations, seront revus dans cette section.

2.2.2.1 Historique

La compagnie Align Technology Inc, créée en 1997 a mis son produit, Invisalign® sur le marché en 1999, après avoir obtenu l'approbation du FDA (Food and Drug Administration), un an auparavant. Le concept, qui est de déplacer les dents par petits incréments à l'aide d'une série de coquilles thermoformées, a été développé par deux diplômés de l'école de commerce de Stanford, Kelsey Wirth et Zia Chishti, pour remplacer la méthode conventionnelle, les broches.

Cette technique reprend une idée décrite par Kesling dans les années 1940 et popularisée par Sheridan dans les années 1990. (70) L'élément innovateur et remarquable proposé par Align Technology Inc, qui le distingua des autres méthodes qui l'ont précédées, est le développement d'un logiciel informatisé, facile à utiliser, capable de prévoir des déplacements précis et de transférer l'information pour produire une série « d'aligneurs », des coquilles amovibles et transparentes.

Dans les vingt dernières années, de nombreuses améliorations ont été apportées à la technologie, la rendant encore plus performante et ainsi capable d'adresser des malocclusions plus complexes que lorsqu'à ses débuts. Invisalign® s'offre maintenant dans plus de cent pays à travers le monde, et plus de 150 000 dentistes et orthodontistes ont reçu la formation Invisalign®. À la fin de l'année 2018, plus de 6.4 million de patients avaient été traités à l'aide de cette technologie. (71)

2.2.2.2 Fonctionnement

Invisalign® permet de développer un plan de traitement spécifique à chaque patient et de visualiser et planifier les mouvements nécessaires à l'aide du logiciel Clincheck Pro™. Une empreinte en polyvinyle siloxane ou une empreinte numérique des deux arcades, ainsi qu'un articulé de l'occlusion sont envoyés à la compagnie, accompagnés des photographies intra et extraorales, des radiographies du patient et de la prescription détaillant les objectifs de traitement préparée par le praticien. L'information est traitée par un technicien orthodontique d'Align Technology Inc qui crée une simulation numérique de la correction de la malocclusion en

découpant virtuellement les dents et en les déplaçant selon les demandes soumises par le praticien. Le déplacement des dents se fait à partir de la position initiale et par incréments de mouvements des dents de 0,25 à 0,33 mm jusqu'à la prévision finale et est fractionné en plusieurs étapes qui peuvent chacune être visualisées. Par l'entremise du logiciel Clincheck Pro™, la proposition est revue par le dentiste ou orthodontiste qui peut directement y apporter les modifications souhaitées ou en faire la demande au technicien. Un exemple de Clincheck est présenté dans la Figure 7. (72)

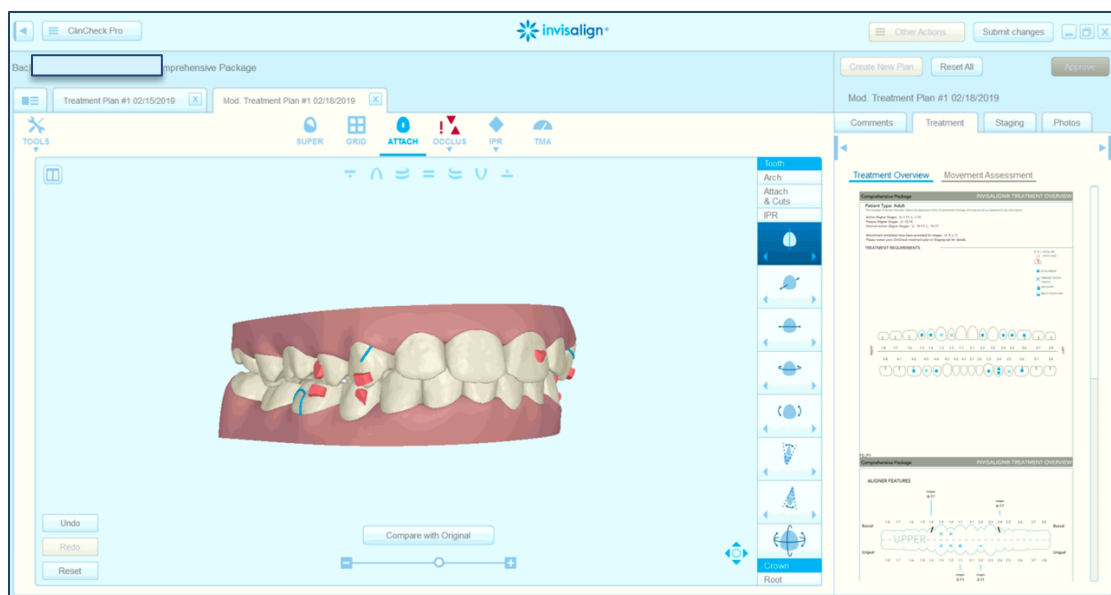


Image tirée du Clincheck Pro® d'un patient en traitement à l'Université de Montréal

Figure 7. Clincheck Pro®

Une fois le plan de traitement accepté, les modèles sont imprimés par stéréolithographie et les coquilles sont thermoformées, taillées, identifiées et envoyées à la clinique du praticien. Ces gouttières doivent être portées pour un minimum de vingt à vingt-deux heures par jour pour assurer un résultat optimal, c'est-à-dire en tout temps, à exception des repas, et sont généralement changées toutes les semaines ou chaque deux semaines. (73)

Une fois la première série d'aligneurs terminée, le clinicien peut évaluer s'il est satisfait du résultat ou s'il voudrait apporter des ajustements à la position des dents. Si c'est le cas, une nouvelle empreinte peut être prise et une simulation peut être faite pour produire de nouvelles coquilles qui permettraient de finaliser les mouvements qui ne se sont pas fait avec la première série. Ce processus, que l'on appelle *refinement*, peut être répété à plusieurs reprises si nécessaire. (73)

2.2.2.3 Indications et efficacité

En 1998, lorsque Invisalign® a intégré le monde orthodontique, les indications pour son utilisation se limitaient à traiter des cas simples, ne nécessitant pas d'extractions, c'est à dire des malocclusions de classe I, avec léger chevauchement ou de petits espaces à fermer. Dans les dernières décennies, grâce aux progrès apportés à la technologie et avec la pression due à la demande grandissante pour avoir des traitements esthétiques, les indications de traitement avec Invisalign® se sont grandement multipliées. De nombreux cliniciens prétendent pouvoir traiter la majorité des malocclusions; il suffit de bien connaître le système, ses limitations pour pouvoir les contourner, identifier les mouvements qui se font difficilement avec les aligneurs pour pouvoir adéquatement planifier le cas, bien choisir la position et le type d'attaches et ralentir la vitesse des mouvements parfois lorsqu'ils sont attendus à être ardues. (74,75)

Plusieurs chercheurs ont tenté d'évaluer la qualité des résultats obtenus avec les coquilles Invisalign en les comparant à ceux obtenus avec des boîtiers conventionnels. En 2006, Djeu et al. ont mené une étude rétrospective où ils ont comparé la qualité de l'occlusion post-traitement de 48 patients ayant été traités avec des boîtiers fixes et 48 autres avec Invisalign® et appairés selon la complexité initiale des cas. En se servant du système de gradation de l'American Board of Orthodontics, le Objective Grading System (OGB), ils ont observé que le résultat était inférieur lorsque traité avec le système Invisalign® par rapport à la méthode conventionnelle avec boîtiers. (76) Une étude plus récente, semblable à cette dernière, menée par Li et al. en 2015, traitant cette fois 152 cas d'extractions de classe I, randomisés en deux groupes (boîtiers et Invisalign®) et également appareillés selon un indice d'irrégularité, a trouvé qu'il n'y avait

pas de différence significative entre le score OGB global pour les deux groupes. Les traitements effectués avec Invisalign® démontraient toutefois des résultats inférieurs quant à l'inclinaison buccolinguale et aux contacts occlusaux. (77)

D'autres études ont tenté d'évaluer l'efficacité du système, en validant si les résultats obtenus correspondent aux mouvements prévus par le Clincheck et donc la capacité qu'ont les coquilles d'effectuer les mouvements désirés. Les statistiques rapportant le pourcentage de cas traités par Invisalign®, nécessitant un *refinement* ne sont pas connues alors que cette information permettrait d'évaluer si les mouvements prévus par le Clincheck sont réellement accomplis.

En 2006, l'étude de Kravitz et al. a comparé la position des dents de 37 patients selon la prévision établie lors de leur Clincheck, aux résultats obtenus en fin de traitement. Une fois leur série d'aligneurs terminée, une empreinte en polyvinyle siloxane était prise et numérisée pour pouvoir superposer et comparer le plan hypothétique et l'aboutissement réel. Ils ont pu démontrer que le système Invisalign® n'est pas très prévisible surtout pour faire de l'extrusion et des rotations de canines de plus de 15 degrés. Ainsi, en moyenne, les mouvements obtenus correspondaient à 41% de ceux escomptés. (72)

Plus récemment, en 2015, Rossini et al. ont mené une revue systématique et ont trouvé entre autre que, les aligneurs offraient un bon contrôle pour les mouvements d'intrusion, d'inclinaison buccolinguale postérieure et pour la distalization des molaires alors que l'inclinaison buccolinguale des antérieures et surtout l'extrusion demeurent difficiles à exprimer. (78)

2.2.2.4 Avantages

La technologie des coquilles amovibles a grandement gagné en popularité dans les dernières années grâce à certains avantages qui sont très appréciés par les patients et par les praticiens (79) :

➤ Plus esthétique

Ceci est d'autant plus important qu'une population grandissante d'adultes recherche des traitements orthodontiques.

➤ Hygiène plus facile à maintenir

Une étude a démontré que pendant une période de douze mois, la condition parodontale était plus optimale chez des patients traités avec Invisalign® qu'avec des broches conventionnelles et qu'on y retrouvait moins de bactéries pathogènes. (80,81)

➤ Plus confortable, moins de douleur

Les aligneurs ont l'avantage de ne pas être irritants pour les lèvres et les joues comme le sont souvent les boîtiers conventionnels. Une étude menée par Miller a aussi démontré que les patients traités par Invisalign® ressentent moins de douleur dans leur première semaine de traitement. (82)

➤ Satisfaction des patients plus élevée pendant le traitement

Ceci s'explique probablement en partie parce que les patients traités avec des aligneurs sentent que leur traitement n'incommoder pas tant leur vie (comparé à ceux qui ont des broches) : ils peuvent entre autres continuer à manger comme selon leurs habitudes et ça ne nécessite pas beaucoup plus de temps pour les soins de leur bouche. (81)

➤ Moins d'urgences cliniques et moins de temps à la chaise

Les traitements avec les aligneurs amovibles impliquent souvent moins d'urgences comme il y a moins d'auxiliaires collés en bouche et que les coquilles peuvent être enlevées pour manger. Ceci a été démontré entre-autre dans une étude menée par Buschang et al. qui a démontré que

les traitements avec coquilles prennent en tout 50% moins de temps à la chaise que les traitements avec boitiers, et nécessitent 67% moins de visites. (83)

➤ Temps de traitement plus court

Buschang a démontré que le temps de traitement est 67% plus court avec Invisalign qu'avec des boitiers fixes. (83) Plusieurs autres études confirment cette information. (12,84)

2.2.2.5 Inconvénients et limitations

Le système Invisalign®, quoique très attrayant de par les avantages décrits plus-haut, présente toutefois quelques inconvénients majeurs :

➤ Efficacité du système, contrôle de certains mouvements difficiles

Tel que décrit précédemment et démontré dans plusieurs études, certains mouvements sont moins prévisibles et plus difficiles à effectuer qu'avec des boitiers conventionnels. (72,75,78)

➤ Très dépendants de la coopération du patient

Étant un système amovible, les résultats sont très dépendants de la coopération des patients.

➤ Résultat moins stable

Selon certaines études, le résultat avec les coquilles serait moins stable qu'avec des broches. En 2007, Kuncio et al. ont comparé deux groupes ayant chacun eu une modalité de traitement différente (broches ou Invisalign®), en évaluant le changement du score OGS à la fin du traitement orthodontique et après une période de trois ans, où la rétention avait été maintenue pendant au moins un an. Ils ont démontré que les deux groupes présentaient de la récurrence, mais

qu'elle était plus importante chez les patients ayant eu traitement avec Invisalign® alors qu'ils avaient été soumis à des protocoles de rétention comparables. (85) Ceci pourrait possiblement s'expliquer de deux façons :

Les aligneurs sont changés chaque une ou deux semaines (parfois même plus rapidement), ce qui est beaucoup plus souvent que les ajustements chaque quatre à six semaines qui sont apportés aux broches. Cet intervalle très court avec les coquilles pourrait possiblement être trop rapide et ne pas permettre la régénération et la réparation qui doivent être faites par le ligament parodontal suite à la résorption osseuse qui se fait les deux premières semaines suivant l'application d'une force pour créer un mouvement dentaire. (44) Dans ces cas, la formation osseuse serait donc possiblement inadéquate, menant à plus de récurrence une fois le traitement orthodontique terminé. (84)

Le plus grand taux de récurrence pourrait aussi s'expliquer du fait que, selon certaines études, les traitements avec aligneurs augmenteraient davantage la distance intercanine mandibulaire que les traitements avec boîtiers. (12) Ceci diminuerait possiblement la stabilité à long terme puisque cette augmentation n'est pas maintenue, probablement à cause de la pression des lèvres aux coins de la bouche. (44)

➤ Béance postérieure

Un des inconvénients liés aux traitements avec aligneurs est la formation d'une béance postérieure (Figure 8). Bien que peu documentée dans les études, ce phénomène semble être un problème assez courant, considérant le grand nombre de blogs et de pages web qui en font mention et qui tentent de décrire des méthodes pour l'éviter.



Image adaptée de Baybuddhatravels.com, 2018 (89)

Figure 8. Béance postérieure visible immédiatement suite à un traitement avec aligneurs.

Les hypothèses évoquées pour expliquer ce phénomène sont :

- Une intrusion des dents postérieures, allant de 0,25 à 0,50 mm, en raison de l'épaisseur des coquilles et du fait que les postérieures se trouvent plus près de l'articulation et du centre de fermeture de la charnière masticatoire. (90) Ceci pourrait être encore plus marqué chez des bruxeurs et des patients qui ont des forces masticatoires importantes.
- Des contacts prématurés antérieurs (dus à un manque de surplomb horizontal ou à un manque de torque des incisives supérieures) pourraient aussi être la cause de la béance postérieure observée. Cette situation pourrait se produire alors qu'elle n'est pas reproduite dans le Clincheck™, du fait que les coquilles créent une disclusion, qui accentuerait l'autorotation antihoraire qui se produit avec l'intrusion des postérieures. (15,86)
- Un manque de nivellement de la courbe de Spee, dû à un manque d'espace ou étant donné que l'extrusion des prémolaires mandibulaires se fait difficilement avec le système Invisalign®. (15)

Moshiri et al. ont d'ailleurs démontré en 2017, à l'aide d'une analyse céphalométrique de cas de béances antérieures chez des adultes, traités avec Invisalign®, qu'il se produirait une rotation antihoraire de la mandibule, ainsi que de l'intrusion des molaires mandibulaires et de l'extrusion des incisives inférieures. (91) Ces phénomènes, qui sont avantageux pour la fermeture de béances antérieures, pourraient être des éléments contributeurs au développement de la béance postérieure observée dans certains cas traités avec ce système.

Différentes méthodes ont été décrites pour pallier à ce problème (15,16,86–88) :

- Couper les coquilles au distal des canines en fin de traitement pour aider les postérieures à érupter et entrer en contact avec leurs antagonistes. (90)
- Poser des fils linguaux fixes de canine à canine pour retenir l'alignement des antérieures, coller des boutons ou boîtiers collés sur les dents postérieures et utiliser des élastiques verticaux inter-arcades en fin de traitement.
- Accentuer de façon exagérée les contacts sur les dents postérieures dans le Clincheck et rechercher de très faibles contacts antérieurs

Utiliser des élastiques de classe III pour éviter l'autorotation de la mandibule et des contacts prématurés antérieurs.

D'autres cliniciens recommandent plutôt de terminer le traitement avec la béance postérieure et laisser les dents entrer en place naturellement après la phase active, lors de la mise en place fonctionnelle (sera discuté dans la section 2.3). (87,88)

La revue systématique menée par Ke et al. en 2019 a inclus huit études pour comparer les traitements par Invisalign® et avec boîtiers conventionnels, en ce qui concerne la qualité des résultats, leur stabilité et la durée des traitements. Ils concluent que le système Invisalign® pourrait aussi bien traiter des malocclusions que par les méthodes conventionnelles, chacune des modalités de traitement ayant des avantages et inconvénients. Les aligneurs seraient par contre moins efficaces que les boîtiers pour obtenir des contacts occlusaux adéquats, pour le contrôle du torque et en termes de stabilité à long terme. (12)

2.3 La phase de rétention en orthodontie

2.3.1 La mise en place fonctionnelle ou *settling*

La mise en place fonctionnelle de l'occlusion ou *settling* consiste en des mouvements dentaires verticaux qui se font spontanément une fois les appareils orthodontiques enlevés et les dents libres de se déplacer. Ce phénomène d'adaptation, qui s'apparente au processus d'éruption physiologique, améliore généralement l'occlusion finale en augmentant le nombre de contacts occlusaux. D'ailleurs, certaines écoles de pensée orthodontique, comme celle de Tweed, recommandent de maintenir volontairement les deuxièmes molaires et la cuspide distobuccale des premières molaires hors-occlusion jusqu'en fin de traitement et comptent uniquement sur le phénomène de *settling* pour les ramener naturellement en occlusion. Ces mouvements devraient se faire spontanément, guidés par le parodonte et par la force des muscles environnants. (69)

Le temps nécessaire pour obtenir une stabilité des contacts occlusaux a fait l'objet de nombreuses études. Selon plusieurs, une période de trois mois serait optimale pour noter une augmentation significative des contacts occlusaux, ce qui correspondrait possiblement, avec le temps requis pour la réorganisation des fibres parodontales : Sauget et al. et Horton et al. ont observé une augmentation significative du nombre des contacts, après deux à trois mois, en portant des appareils de rétention de type *Hawley* ou de type *perfecter/spring aligners*. (92,93) De leur côté, Durbin et Sadowsky avaient noté une amélioration de 14% des contacts postérieurs après trois mois de rétention, qu'ils avaient qualifiée comme étant faible. (17) Bauer et al., dans leur étude, qui a duré huit mois, ont trouvé que la majorité du *settling* était faite après les deux premiers mois, bien qu'elle se continuait de façon significative jusqu'à six mois et recommandent donc d'attendre six mois avant de faire des équilibrages d'occlusion si nécessaire. (94) Varga et al. ont noté que le *settling* pouvait se faire dans une période aussi courte que six semaines pour les hommes, alors qu'il se faisait plus lentement chez les femmes. (95) À l'inverse, Razdolsky et al. prétendent que la mise en place fonctionnelle est un long processus, qui nécessiterait jusqu'à vingt-et-un mois, bien que dans leur étude, il n'y ait pas eu d'évaluation intermédiaire entre la fin du traitement et la fin de la période d'observation pour noter à quel moment les changements occlusaux s'étaient stabilisés. (18) Greco et al. ont aussi démontré que

le phénomène du *settling* pourrait s'étendre sur de longues périodes allant jusqu'à quatre ans après avoir enlevé les appareils orthodontiques. (96)

Par ailleurs, plusieurs ont cherché à évaluer la qualité de la mise en place fonctionnelle, pour vérifier si l'occlusion obtenue suite à cette éruption dentaire spontanée et non contrôlée est conforme aux critères occlusaux souhaités. Dans une étude pilote longitudinale, menée sur un groupe de dix-neuf adultes ayant terminé un traitement d'orthodontie linguale, Cohen-Levy et Cohen ont observé que, pendant la période de contention, bien que la qualité des contacts augmentait, leur position ne changeait pas de manière significative. À l'aide d'une évaluation occlusale conventionnelle et assistée par le T-scan (voir section 2.4.3), ils ont aussi pu constater que, chez la plupart des patients, durant cette période de rétention, les contacts devenaient plus symétriques, quoiqu'une asymétrie marquée des contacts avait persisté dans certains cas. (23)

Dans le même ordre d'idées, Dincer a observé à travers deux études qu'il a menées avec d'autres chercheurs, que, lors du *settling*, il y aurait une augmentation des contacts occlusaux idéaux, mais également des contacts non idéaux. Suite à des traitements où les deuxièmes molaires n'avaient pas été incluses dans la phase active, il a noté que 24% des contacts obtenus sur les deuxièmes molaires, après neuf mois de contention n'étaient pas des contacts idéaux. (19) Il conclut donc, que, tel que recommandé par Razdolsky en 1989 (18), il faudrait favoriser l'atteinte du maximum de contacts idéaux lors de la phase active pour diminuer le nombre de contacts non idéaux lors de la période de rétention. (19,97)

En 2009, Morton et Pancherz ont illustré un point crucial : la mise en place fonctionnelle n'améliorerait pas nécessairement la fonction. Dans un groupe où, près de la moitié des patients avaient terminé leur traitement orthodontique avec une fonction non idéale, après deux ans de rétention, l'occlusion dynamique ne s'était améliorée que dans 19,8% des cas, alors qu'elle demeurait inchangée chez la majorité des patients (72,3%) et même empirée dans 7,9% des cas. (98)

2.3.2 L'influence de la rétention sur le *settling*

Durant la phase de rétention, contrairement aux mouvements de mise en place fonctionnelle, qui sont considérés comme souhaitables et bénéfiques, la récurrence se définit comme tout

déplacement dentaire indésirable, qui survient suite au traitement orthodontique et qui tend à ramener les dents vers leur position de départ. Après la phase active des traitements orthodontiques, des appareils de rétention sont généralement utilisés pour maintenir la position des dents et la forme de l'arcade et éviter toute récurrence.

Lyotard et al. ont mené, en 2010, une étude expérimentale pour observer et quantifier les changements se produisant en un mois, suite à la phase active d'un traitement orthodontique et en l'absence complète de rétention. Durant cette courte période, ils ont noté une amélioration de l'alignement des crêtes marginales et de la qualité des contacts occlusaux, mais une détérioration au niveau de l'alignement, et de l'index d'irrégularité de l'OBS (des rotations, des contacts interproximaux et de la distance intercanine). Ils ont conclu que, l'absence totale de rétention pour favoriser un *settling* optimal, même pour un court laps de temps, représenterait des risques de récurrence trop élevés et ne pourrait être recommandée. (99)

Il s'agit donc de choisir un système de rétention idéal, c'est à dire un qui permet aux dents de se déplacer pour effectuer la mise en place fonctionnelle, tout en empêchant la récurrence. Il existe une panoplie d'appareils de rétention- amovibles (*Hawley*, *Clearbow*, Coquilles thermoformées, *Positioner*) ou fixes (fils linguaux collés) (Figure 9).



Image adaptée de johnstonortholab.com



Image adaptée de northstardental.com



Image adaptée de Clearbow.com

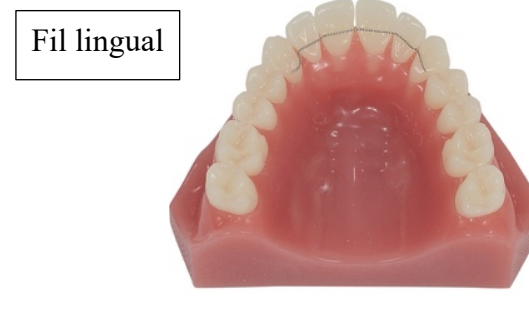


Image adaptée de shareasmileorthodontics.co.uk

Figure 9. Différents appareils de rétention

Les protocoles de rétention des praticiens varient beaucoup en fonction de leurs expériences passées, de leurs préférences personnelles et de celles des patients, et les tendances diffèrent selon la région et changent au fil du temps. (100,101) De nombreuses études ont évalué les différents types d'appareils de rétention, leur efficacité à prévenir la récurrence, leur longévité et leur influence sur la mise en place fonctionnelle. Steinnes et al. ont démontré que le type de rétention utilisé affecterait peu la récurrence qui se produit à l'arcade maxillaire, alors qu'il y aurait une relation entre le chevauchement des incisives inférieures et la présence ou l'absence d'une rétention collée mandibulaire. (102) Toutefois, les revues systématiques effectuées par Littlewood et al. en 2006, et plus récemment, celle de Bahije et al. en 2018, pour évaluer l'efficacité des différentes méthodes de rétention, n'ont pas permis de statuer quant au meilleur protocole de rétention. Les méthodes utilisées et les facteurs confondants étant trop variés, les études ne pouvaient être comparées adéquatement. (100,103)

Plusieurs études ont tenté d'évaluer les effets des différentes méthodes de rétention sur le *settling* obtenu, étant donné que certaines caractéristiques de conception des appareils, telle la quantité de recouvrement des dents, la nature amovible ou fixe, le niveau de contact avec les dents, pourraient théoriquement influencer le phénomène de mise en place fonctionnelle. Basciftci et al. ont observé que la mise en place fonctionnelle se faisait aussi bien, en un an, dans deux groupes : un, en rétention avec un appareil amovible de type Jensen combiné à un fil lingual, et l'autre avec un appareil amovible de type *Hawley*, sans fil lingual. (20) Sari et al. ont démontré que, durant la première année de rétention, le nombre de contacts en général augmentait, en comparaison avec un groupe contrôle, autant chez un groupe de vingt-cinq patients en rétention avec des fils linguaux maxillaires et mandibulaires, que chez un groupe de vingt-cinq patients qui portaient deux appareils amovibles de type *Hawley*. Durant cette période, ils ont tout de même noté une plus grande augmentation des contacts postérieurs chez le groupe avec fils linguaux collés que chez ceux qui portaient deux appareils amovibles. (104) Greco et al. ont aussi confirmé que le *settling* se faisait aussi bien avec rétention amovible qu'avec des fils collés. Contrairement à l'étude de Sari et al., ils n'ont pas observé une différence entre la quantité des contacts postérieurs entre les deux groupes, ce qu'ils justifient possiblement par le fait que leurs observations ont porté sur une plus longue période, en moyenne trente-cinq mois. (96)

Dincer et Isik ont cherché à connaître l'effet d'un recouvrement occlusal lors de la période de contention, tel qu'est le cas avec des coquilles thermoplastiques. Ils ont noté, dans une étude portant sur quinze patients, qu'il n'y aurait pas eu d'augmentation du nombre de contacts occlusaux pendant les premiers neuf mois de rétention avec un port continu des coquilles, et, bien qu'il y en ait eu par la suite, avec un port nocturne, la quantité des contacts obtenus était moins qu'attendu selon la littérature. (97) Sauget et al. ont obtenu des résultats semblables, en observant, durant les trois premiers mois de rétention, une augmentation des contacts postérieurs et antérieurs chez un groupe en rétention avec des appareils de type *Hawley* portés à temps plein, mais aucune augmentation significative chez le groupe portant des coquilles thermoplastiques, alors qu'elles n'étaient portées que la nuit. (92)

Par ailleurs, quelle que soit la modalité de rétention employée, il n'existe pas de consensus quant au nombre de mois ou d'années recommandés pour la période de rétention. Certains ont proposé une rétention de 232 jours, le temps requis, selon les travaux de Reitan, pour la réorganisation des fibres suite au traitement orthodontique (105), alors que de nombreux praticiens préfèrent maintenir la rétention plus longtemps, pour contrer les changements éventuels dus à la croissance et aux adaptations neuromusculaires. (44,106) Little et al. prônent une rétention permanente, suite aux résultats de leur étude où ils ont observé que, sur un échantillon de cent patients adultes, seulement dix pourcent présentaient un alignement acceptable après dix ans post-rétention. (107)

Les causes potentielles de la récurrence suite aux traitements orthodontiques sont nombreuses. Bien que certains de ces facteurs font l'objet de débats, ils incluent entre-autre :

- Le temps de réorganisation des fibres transeptales et gingivales (44)
- Une finition inadéquate du traitement orthodontique (position instable des dents, une augmentation de la largeur intercanine) (5,44,108)
- Des fonctions musculaires et habitudes orales (44)
- Les changements dus à la croissance (44)
- La malocclusion du départ (64)
- Le type de traitement (extractions, expansion,...) (109,110)
- Le protocole de rétention

Dans leur étude rétrospective longitudinale menée en 2017, de Bernabé et al. ont justement tenté de noter les facteurs pouvant influencer la quantité de récurrence, en observant soixante-dix patients pendant une durée moyenne de 3,3 ans suite à leur traitement orthodontique. Ils ont observé que la présence de fils linguaux diminuait considérablement le taux de récurrence, alors qu'il était augmenté par l'absence de rétention. Les traitements moins bien finis (ayant un indice PAR en fin de traitement plus élevés) ainsi ceux ayant nécessité des extractions seraient également plus sujets à la récurrence post-traitement. (110)

2.4 Méthodes d'enregistrement occlusal

L'analyse occlusale permet, à l'aide de différentes techniques, d'évaluer les critères occlusaux élaborés précédemment, dont la répartition des contacts occlusaux. La perception des patients quant à la distribution des contacts et quant à l'existence de prématurités, peut être utile, et incorporée, dans un premier temps à la démarche diagnostique. Par la suite, l'analyse peut être faite à l'aide de méthodes utilisées directement en bouche ou indirectement, en se servant de moulages, qui peuvent être montés sur des articulateurs, selon la précision et la rigueur de l'analyse souhaitées.

Les méthodes d'analyse de la répartition des contacts occlusaux peuvent être divisées selon si elles sont d'ordre qualitatif ou quantitatif.

2.4.1 Méthodes qualitatives

2.4.1.1 Description

L'analyse occlusale qualitative peut se faire à l'aide d'une multitude de matériaux et de techniques, tels que les feuilles d'occlusion, les cires d'occlusion et le papier d'occlusion. (111)

Les feuilles d'occlusion, sont des cales minces, qui ne marquent pas les points de contacts, mais qui servent plutôt à détecter les points d'occlusion des restaurations ou des dents naturelles. Elles sont placées entre les dents serrées du patient, pour que le clinicien évalue qualitativement, selon la résistance à retirer la feuille, l'existence et l'intensité d'un contact.

Les cires d'occlusion, dans lesquelles les patients serrent les dents pour marquer les contacts, peuvent servir d'indicateur, en cherchant à interpréter les zones qui sont amincies par la pression occlusale.

Le papier d'occlusion est la méthode la plus fréquemment utilisée par les dentistes pour évaluer les contacts inter-occlusaux sur les dents naturelles ou artificielles. Ce papier, imprégné d'une

encre transférable, marque les contacts occlusaux lorsque les dents maxillaires et mandibulaires sont amenées à se toucher. Il est disponible en différentes configurations, couleurs et épaisseurs (variant entre 12µm et 350µm) selon les besoins du praticien.

2.4.1.2 Limitations de ces méthodes

Bien que le papier d'occlusion soit la méthode d'analyse occlusale la plus répandue et considérée comme la référence, certaines limitations ont été rapportées.

La croyance populaire est que les marques larges et de coloration intense représentent des sites de fortes pressions et que la présence de nombreuses marques d'aspects similaires indiquerait des contacts occlusaux égaux et bien répartis. Pourtant, il y a peu d'évidence corrélant l'intensité des marques occlusales ou leurs dimensions avec la force réelle des contacts occlusaux; au contraire, plusieurs études ont évalué que cette corrélation serait plutôt faible. Dans une étude menée en laboratoire sur des modèles en époxy, Qadeer a démontré que la plus grande marque laissée par le papier occlusal dans chaque quadrant ne correspondait à la dent soumise à la plus grande force dans ce même quadrant que dans 38% des cas. (22) Kerstein a également souligné le faible rapport entre la taille des marques laissées par le papier d'occlusion et l'intensité réelle des contacts dans une étude pilote expérimentale avec des modèles montés sur articulateur, afin d'isoler comme seule variable la force de contact. Il a démontré que la probabilité que deux marques similaires soient produites par la même force n'était que de 21%. (112) Saad a aussi conclu à l'aide d'une étude faite avec des moulages montés sur articulateurs, que de faire varier la force d'occlusion (100N, 150N et 200N) n'affectait pas de manière statistiquement significative la taille ou la quantité de marques occlusales. (113)

De plus, plusieurs études ont démontré que la dimension et le nombre de marques occlusales varieraient selon certaines caractéristiques du papier occlusal utilisé, particulièrement en fonction de l'épaisseur du papier. La surface et la répartition des marques occlusales seraient également influencées par d'autres propriétés physiques du papier occlusal telle sa couleur et le matériau qui le compose. Millstein et Maya ont évalué l'influence de ces variables, en testant

dix types de papiers différents, interposés entre des modèles dentaires identiques et résistants à l'usure, montés sur articulateurs et soumis à des charges compressives. La surface des contacts a été transférée à l'aide d'une caméra afin d'être numérisée et comparée avec un logiciel informatique. L'épaisseur, la couleur et le matériel du papier d'occlusion avaient chacun indépendamment une influence statistiquement significative sur la taille des marques occlusales. (114) Rozencweig et al. ont démontré que même les conditions dans lesquelles sont entreposées les papiers d'articulation pourraient faire varier les marques occlusales. (115) Ces différences pourraient possiblement s'expliquer par la capacité des différents papiers d'occlusion à relâcher leurs pigments et à les transférer aux dents. La transférabilité de l'encre serait également en partie responsable de l'apparition de *pseudo contacts*, c'est à dire que le papier marque à tort les dents, alors qu'il n'y a pas de contact occlusal réel.

Millstein et Maya ont aussi mis en doute la reproductibilité de la méthode d'enregistrement occlusal à l'aide du papier d'occlusion, puisqu'ils ont aussi noté des variations de la surface de la marque occlusale en employant le même type de papier d'occlusion et dans les mêmes conditions. (114) Ainsi la justesse et l'exactitude des marques occlusales pourraient être remises en question.

Cette méthode serait par ailleurs grandement affectée par la qualité de la morsure du patient, par la morphologie occlusale, par l'usage répétitif du papier et par l'imprégnation de la salive sur le papier d'occlusion et sur la surface des dents. (116) D'après certains auteurs, son analyse serait très subjective et dépendante de l'interprétation faite par le clinicien. Carossa a su valider l'impact de l'expérience, en comparant la manipulation et l'interprétation du papier occlusal en laboratoire, lorsque entrepris par treize étudiants en médecine dentaire, comparé à treize experts (dentistes et techniciennes dentaires). Les étudiants appliquaient des forces moins élevées que les experts et obtenaient des surfaces de contacts significativement plus larges que ces-derniers. (117)

Une autre grande limitation de ces techniques qualitatives est qu'elles ne fournissent pas d'informations quant à la séquence des contacts occlusaux. L'identification d'un contact prématuré se fait donc difficilement et manque de précision.

En résumé, ces techniques ne sont pas un outil adéquat pour évaluer la simultanéité des contacts, leur séquence chronologique, et elles manqueraient de précision pour déterminer la distribution des contacts et des forces occlusales.

2.4.2 Méthodes quantitatives

Les méthodes d'analyse quantitatives parviendraient à éliminer plusieurs limitations des méthodes qualitatives, notamment en permettant une analyse objective, sans être influencée par l'interprétation subjective. Pour le moment, les techniques disponibles permettant une analyse quantitative occlusale sont les suivantes : la photo-occlusion, le système Dental Prescale et le T-scan.

La photo-occlusion, est une technique qui a été développée en 1980 par Arcan et Zandman. (118) Cette analyse occlusale se fait en deux temps : d'abord, le patient mord sur un film rigide et photo-plastique d'une épaisseur de 98µm pendant dix à vingt secondes. Par la suite, ce film est inspecté à l'aide d'un polariscope afin de visualiser les intensités relatives des contacts occlusaux et peuvent être également être informatisés par la suite pour le visualiser comme un graphique. (119) Cette technologie est toutefois peu utilisée, jugée complexe par les cliniciens d'autant plus qu'elle ne décrit que la force relative occlusale sans apporter de précision temporelle. De plus, cette méthode aurait tendance à exagérer l'intensité des contacts en région postérieure et à diminuer ceux en région antérieure à cause de l'épaisseur uniforme et la rigidité de la plaque qui favorisent des contacts postérieurement. (120)

Le système Dental Prescale est une technique informatisée qui a été développée en 1981 au Japon et qui permet de mesurer la force occlusale (en N), la surface des contacts occlusaux (en

mm) et la pression de morsure (en MPa). Tout comme la photo-occlusion, cette technique se fait en deux phases : dans un premier temps, le patient mord sur un capteur en forme de fer à cheval, sensible à la pression. Celui-ci analyse l'arcade en entier en changeant de couleur dépendamment de la force occlusale à laquelle il est soumis. Les microcapsules contenues entre les deux feuilles qui forment le film, sont écrasées par la pression des contacts occlusaux libérant leur contenu, un liquide, devient rouge en se mélangeant au développeur. Plus la pression des contacts est élevée, plus le rouge qui est formé est intense. Dans un second temps, ce film est scanné et la densité des couleurs est analysée à l'aide d'un appareil produit par la même compagnie. (95) Ce système aurait comme avantages de permettre un enregistrement précis et reproductible des forces occlusales absolues (121,122) et de mesurer les surfaces des contacts occlusaux. Son grand désavantage reste qu'il ne procure pas d'information temporelle pour décrire la séquence des contacts occlusaux.

Le T-scan est une technologie d'analyse occlusale qui est utilisée depuis plus de 30 ans. Elle sera décrite en profondeur dans la section suivante étant donné que c'est la méthode d'analyse occlusale qui est employée dans ce projet de recherche.

2.4.3 T-scan

2.4.3.1 Introduction au système T-scan

Le T-scan est une technologie qui a été inventée à Boston, aux EU en 1987 par le professeur William L. Maness en partenariat avec l'Université MIT et développée par la compagnie Tekscan pour permettre d'obtenir, un enregistrement informatisé des contacts occlusaux, précis et objectif.

2.4.3.2 Fonctionnement de l'appareil

T-scan propose un capteur numérique en forme de fer à cheval, pour remplacer le papier d'occlusion traditionnel, qui est inséré dans un appareil portatif, lié à un ordinateur à l'aide d'un câble USB (Figures 10 et 11). Le même capteur peut servir à multiples enregistrements pour un même patient. Ce capteur, mince et flexible (d'une épaisseur entre 0,6 et 0,1 mm), comprend plus de 1370 récepteurs sensibles à la pression dans les capteurs larges, et 1122 dans les petits capteurs. Ces récepteurs, organisés comme une grille cartésienne, sont constitués d'une double épaisseur d'une encre spéciale, le mylar, qui lorsque comprimée par un contact occlusal, diminue sa résistance électrique, faisant varier sa conductivité et la transmission du signal électrique qui passe dans le capteur. (123)

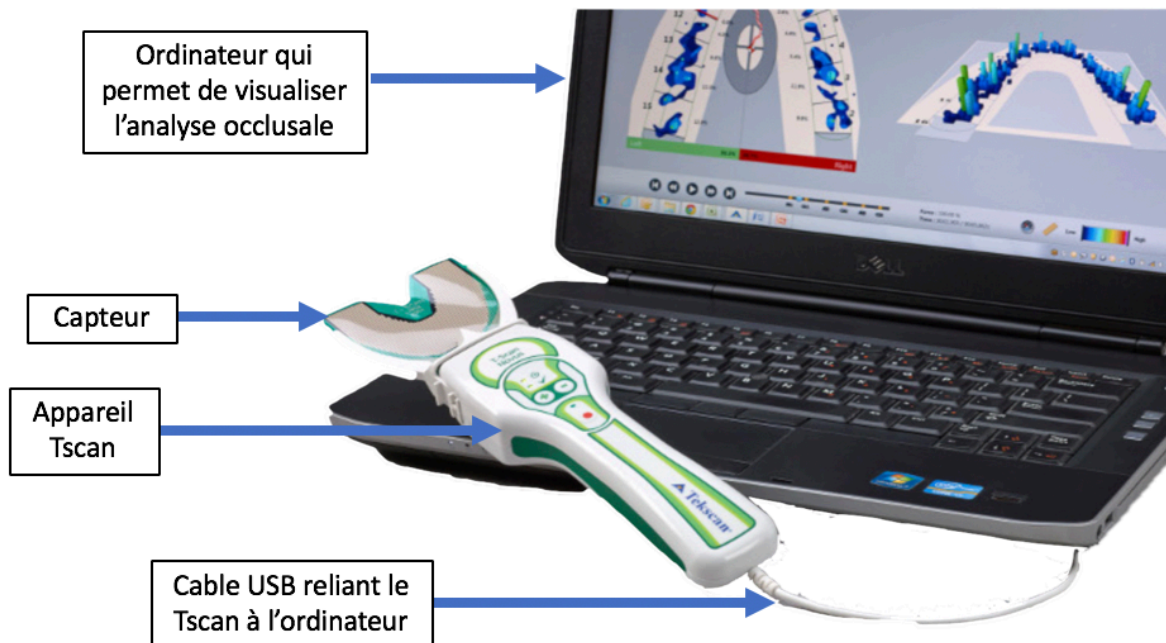
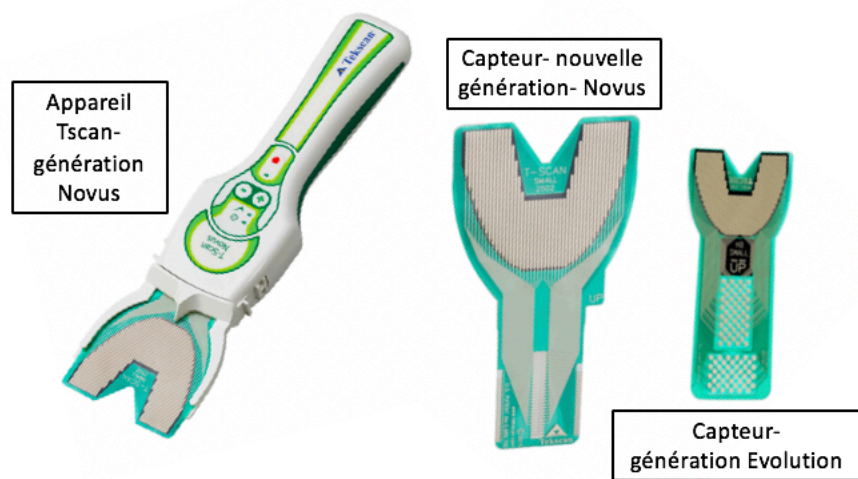


Image adaptée de Tekscan.com (124)

Figure 10. Système T-scan



Images adaptées de australianimaging.com.au/product/t-scan/ et de tekscan.com (124)

Figure 11. Système T-scan

Le logiciel, compatible avec le système Windows, enregistre ces changements de voltage et les contacts occlusaux sont notés en temps réel, depuis le premier point de contact, et par incréments d'une milliseconde. Grâce au logiciel du T-scan, la répartition des contacts sur l'arcade ainsi que leurs intensités, leurs forces relatives et la séquence des contacts en temps réel peuvent être visualisés. Les résultats sont projetés sur une arcade personnalisée qui peut être modifiée en paramétrant la largeur mésio-distale des dents du patient ou des dents manquantes. Ils sont aussi affichés sous forme de graphiques décrivant la force (forces du côté gauche, droite et totale) et sa variation en fonction du temps (Figure 12). Le tout peut être visualisé comme une vidéo en temps réel pour permettre de voir la localisation des contacts en fonction du temps.

Les forces sont représentées par des codes de couleur pour différencier visuellement leur intensité relative et leur distribution. La force optimale est représentée par le bleu, et peut passer à vert, jaune, orange, rouge jusqu'à rose en ordre d'intensité.

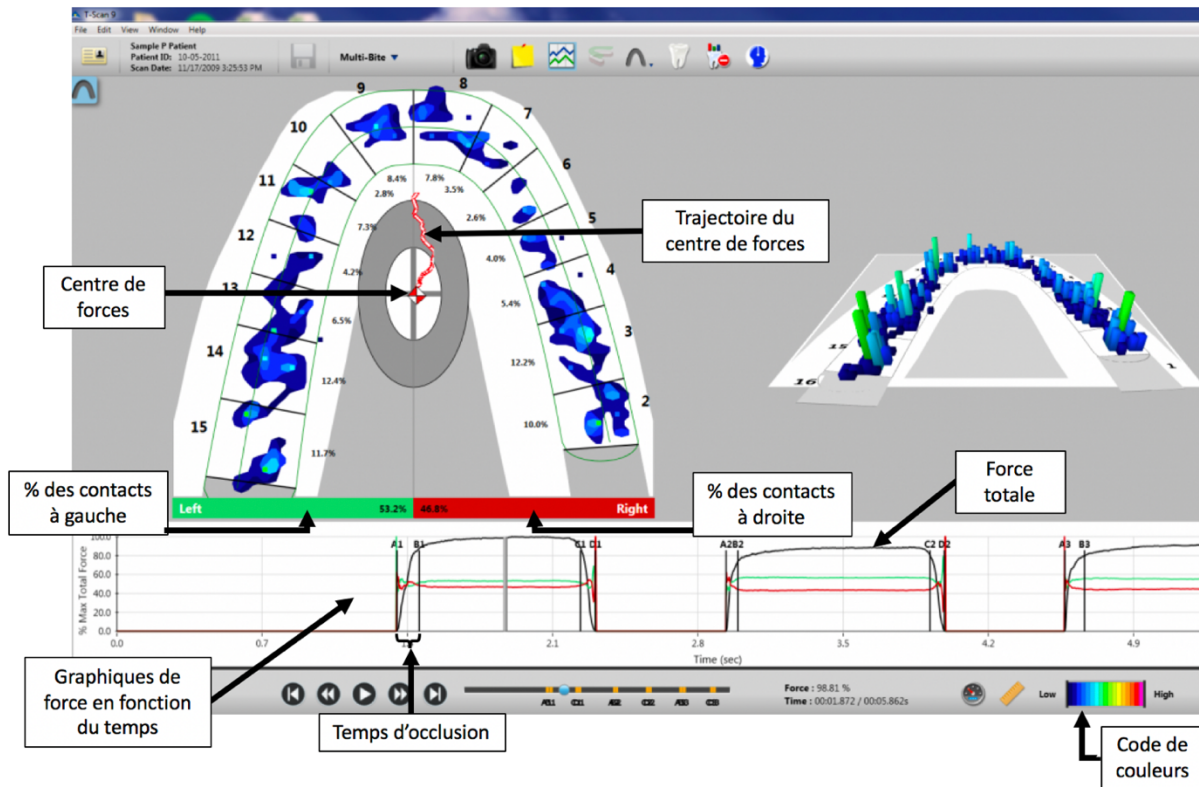


Image adaptée de tekscan.com (124)

Figure 12. Analyse occlusale obtenue avec le logiciel du T-scan

Le système permet aussi d'identifier :

- La dent sur laquelle se fait le premier contact
- Le temps d'occlusion (OT) : le temps écoulé entre les lignes verticales A et B dans le graphique de la force en fonction du temps, qui représente le temps entre le premier contact et le moment où le dernier contact est obtenu (Figure 12). Cet intervalle de temps est un indicateur de la simultanéité des contacts et, idéalement, devrait être court et ne pas dépasser 0,2 secondes. (125)
- La force relative des contacts par rapport à la force totale : le pourcentage de force peut être visualisé par dent, par région (divisé en 4 sections) ou par côté (Figure 12)
- Le centre de forces et sa trajectoire (Figures 12 et 13) (126)

Le centre de forces représente le centre de gravité des forces déployées sur le capteur, puisque le marqueur du centre de forces (identifié sur l'écran par un marqueur en forme de diamant rouge et blanc) indique la position moyenne de la somme de toutes les forces. À l'aide de la formule mathématique décrite plus loin (Figure 13), le centre de forces peut être localisé pour un moment précis et sa position peut être visualisée en temps réel lorsque le patient ferme les dents ensemble. Sa position antéro-postérieure peut aussi être décrite par un nombre variant de zéro à un, où zéro représente la rangée de récepteurs la plus antérieure du capteur, et un, la plus postérieure. La trajectoire du centre de forces permet de voir le déplacement du centre de forces du premier contact jusqu'au moment présent.

Left-Right Moment = Sum (contact force x contact distance right) - (contact force x contact distance left) and is displayed in Newton- millimeters (N-mm).

The anterior-posterior location of the *COF marker* is found by calculating the left lever and right lever statistics from the incisal plane as follows :

Left Lever = Sum (force at contact x distance from the incisal plane) / Sum (left contacts), displayed in millimeters.

Mean L-R lever = Right lever + Left lever / 2

Texte adapté de tekscan.com (124)

Figure 13. Formules mathématiques employées par le logiciel T-scan 9 pour calculer la position du centre de forces.

Il est aussi possible de voir la localisation du centre de forces par rapport à une cible idéale représentée par deux ellipses qui définissent la position idéale du centre de forces d'une occlusion normale. L'ellipse interne représente l'aire dans laquelle le centre de forces se situe chez 68% des patients ayant une occlusion normale, alors que l'ellipse externe représente sa localisation chez 95% des patients ayant une occlusion dite normale (Figure 14). Cette cible a été déterminée en se fiant sur les études menées par Maness et al, et par Mizui et al qui ont analysé la distribution des contacts occlusaux en intercuspidation maximale, de 93 et 60 patients respectivement, ayant une occlusion dite normale. Les deux ont pu observer que la localisation

moyenne de la répartition des contacts occlusaux (qu'ils ont défini comme étant le centre de forces) était centrée dans l'arcade gauche par rapport à droite et se situait antéro-postérieurement, au mésial de la première molaire. (127,128) Ceci correspond avec la position du centre de forces qui a été déterminée par plusieurs autres études, telle que celle de Shinogaya et al. qui a démontré à l'aide du système Dental Prescale, que le centre de forces se situerait au niveau de la première molaire maxillaire chez des patients ayant une formule dentaire complète. (122) La position antéro-postérieure du centre de forces se situerait en moyenne, 28 mm postérieurement au plan incisif, selon Maness et al, et 34 mm selon Mizui et al. La moyenne de ces deux mesures, a permis de déterminer la zone cible qui sert de guide pour la localisation du centre de forces dans une occlusion normale. La dimension des ellipses a été établie par la suite en se servant des données qu'ils ont recueillies et des écarts-type obtenus. L'objectif de la cible n'est donc pas de servir de mesure absolue, mais plutôt comme guide pour comparer l'occlusion du patient à un groupe ayant une occlusion qualifiée de normale. (127,128)

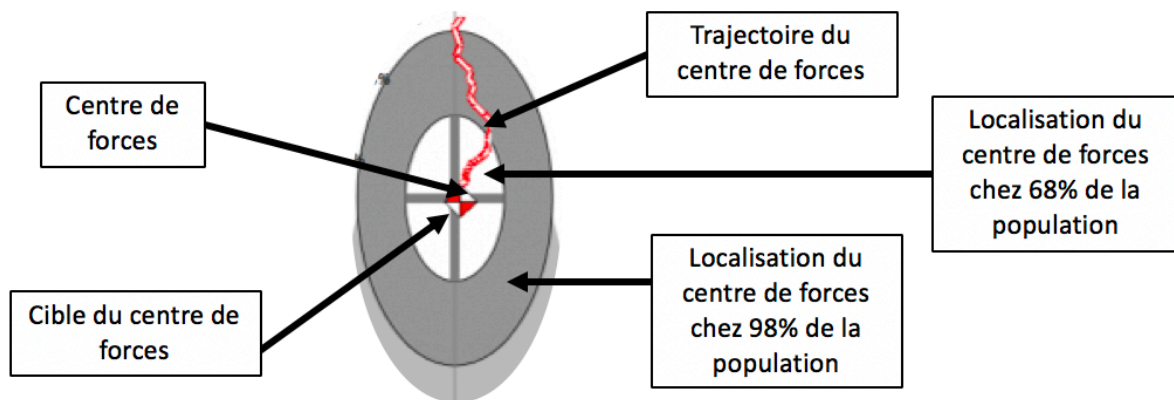


Image adaptée de tekscan.com (124)

Figure 14. Centre de forces et trajectoire du centre de forces

Dans le graphique de la force en fonction du temps (Figure 12), la ligne noire représente la force totale qu'un patient peut générer lors de la fermeture. La courbe de cette ligne peut nous donner des indications à savoir si les patients peuvent maintenir une contraction musculaire pendant un

certain temps, ou s'ils développent rapidement une fatigue musculaire. La ligne verte représente la force des contacts occlusaux du côté gauche alors que la ligne rouge correspond au côté droit.

La sensibilité du capteur peut aussi être calibrée à chaque patient pour s'adapter à sa force musculaire et permettre de détecter les plus légers contacts et éviter d'être saturé par les contacts plus forts.

Ainsi les contacts prématurés, les interférences et l'occlusion dynamique peuvent être observés de façon objective et précise avec ce système.

2.4.3.3 Avantages

Le T-scan a été développé pour pallier à certaines faiblesses des méthodes conventionnelles d'analyse occlusale décrites en détail précédemment : la subjectivité de l'interprétation, la faible corrélation entre les marques et les forces des contacts, l'incapacité de connaître la séquence des contacts, l'influence de la salive sur le papier d'occlusion.

De nombreuses études in vitro ont été faites pour évaluer la reproductibilité du T-scan pour quantifier la répartition des contacts et leurs intensités relatives, comme celle de Kerstein en 2006, qui a montré que les données obtenues par le capteur sont constantes dans au moins 20 des 24 fermetures répétitives lorsque la position d'un même capteur et que la force exercée sont identiques. (129)

L'étude allemande menée par Koos est parmi les plus probantes et importantes, puisqu'elle confirme la fiabilité du T-scan dans un contexte clinique, reproduisant son utilisation normale sur 42 patients. Il a démontré la reproductibilité de la technologie dans différents contextes : lorsque l'appareil est sorti de la bouche et replacé à chaque nouvel enregistrement et quand le capteur est changé. Il a pu estimer une erreur de mesure de 1 % au niveau de la précision et de 2,8 %, quant à la fiabilité de la technologie et ainsi conclure que le T-scan permet un

enregistrement occlusal précis, non influencé par la salive, ni par le changement de capteur et qu'il y a une bonne fiabilité inter-examineur et intra-examineur. (130)

2.4.3.4 Applications intéressantes

Grâce à la précision de cette technologie, plusieurs études ont été menées en se servant du T-scan comme outil d'évaluation occlusale et ont permis de tirer des conclusions intéressantes ou de développer des applications potentielles pour cet outil. En voici quelques exemples :

Dans le domaine des dysfonctions temporo-mandibulaires, le T-scan pourrait servir à détecter avec plus de précision des facteurs occlusaux pouvant être corrélés à ces troubles. Ainsi, Mizui a comparé, à l'aide de l'analyse occlusale assistée par le T-scan, l'occlusion chez un groupe de cinq patients présentant une dysfonction temporo-mandibulaire à un groupe contrôle de soixante patients ayant une fonction temporo-mandibulaire dite normale. Il a pu démontrer que, le groupe avec la dysfonction avait une occlusion asymétrique et non balancée, contrairement au groupe contrôle qui avait une occlusion avec des contacts bilatéraux bien répartis et une localisation idéale du centre de forces- dans la région de la première molaire. (128) Des résultats similaires ont été obtenus dans une autre étude menée en 2012 par Wang et Yin : les temps d'occlusion et de disclusion étaient statistiquement plus longs dans un groupe ayant une occlusion normale de classe I, mais présentant des dysfonctions temporo-mandibulaires, par rapport à un groupe contrôle similaire, apparié pour l'âge et le sexe et sans problèmes d'articulation temporo-mandibulaire. Ils présentaient également plus de contacts prématurés et d'asymétries dans la répartition des forces de contacts. (131)

Dans le même ordre d'idées, Kerstein et Wright ont combiné l'analyse occlusale à une analyse électromyographique chez sept patientes souffrant de douleur myofaciale et de dysfonction chroniques. Le temps de disclusion en latéralité à l'aide du T-scan ainsi qu'une analyse électromyographique des masséters et temporalis ont été évalués avant et après des ajustements occlusaux pour éliminer les interférences en latéralité. Les résultats obtenus ont permis d'inclure le temps de disclusion prolongé en latéralité (du côté balançant) comme facteur potentiel

étiologique des douleurs chroniques myofaciales vu la diminution des symptômes notée en raccourcissant ce temps de disclusion. Les auteurs ont recommandé de mener plus d'études analysant l'occlusion dynamique à l'aide du T-scan puisqu'il permettrait, contrairement aux méthodes d'enregistrement occlusal conventionnelles, de déterminer précisément des variables dynamiques, telles que le temps de disclusion. (132)

L'analyse occlusale à l'aide du T-scan a également de nombreuses applications potentielles en orthodontie. Entre autres, Lee a démontré en 2016, que certaines variables occlusales mesurables à l'aide du T-scan (comme par exemple : le temps d'occlusion centrée, le temps de disclusion en protrusion et en latéralité et la surface de contacts occlusaux), seraient bien corrélées avec deux indices d'évaluation de qualité de fin de traitement orthodontique (*PAR index* et le *OGS index*). Ainsi, selon les résultats de cette étude le T-scan pourrait être utilisé comme outil d'évaluation occlusale en fin de traitement orthodontique. (133)

Par ailleurs, une étude chinoise a démontré que le centre de forces se trouvait significativement plus antérieurement chez des patients ayant subi un traitement orthodontique comparé à un groupe contrôle ayant une occlusion normale. Ceci pourrait possiblement s'expliquer par une perte de torque des incisives supérieures lors du traitement, menant à une plus grande répartition des contacts sur les antérieures suite au traitement. (134) Bien que l'importance clinique de cette observation demeure incertaine, le T-scan permet une analyse précise, qui pourrait s'avérer très utile dans plusieurs domaines et particulièrement pour l'analyse occlusale des fins de traitements orthodontiques.

2.4.3.5 Limitations

Le système T-scan a grandement évolué depuis sa création en 1997, et des changements importants apportés au logiciel et au capteur ont permis d'améliorer le manque de fiabilité et de précision rapportés par certaines études à ses débuts. (135) Malgré ces progrès, certaines limitations au système persistent :

➤ L'épaisseur et la taille des capteurs

Malgré une épaisseur de 0,1 mm, les capteurs du T-scan demeurent plus épais que certaines pellicules d'articulation. Ceci pourrait réduire la précision de l'analyse occlusale, surtout au niveau des mouvements dynamiques, puisqu'il a été rapporté que l'épaisseur des capteurs des méthodes d'enregistrement occlusaux pouvait affecter l'activité musculaire, modifiant ainsi l'occlusion. Par ailleurs, bien que les capteurs soient disponibles en deux tailles (petit et grand), le plus petit capteur pourrait ne pas convenir dans certains cas, comme chez les enfants ou chez des patients ayant des limitations d'ouverture. (136)

➤ Les capteurs endommagés

Il est possible que des récepteurs du capteur soient endommagés (comme par des pointes cuspidiennes acérées), faussant ainsi les résultats obtenus lors d'un enregistrement avec le T-scan. Ceci peut être problématique puisqu'il peut être difficile de remarquer ce genre de défaut. (136)

➤ Les contacts ne sont pas marqués sur les dents

Les contacts enregistrés et visibles sur l'écran, ne sont pas marqués sur les dents, comme c'est le cas avec un papier d'occlusion conventionnel. L'usage du papier d'occlusion pourrait donc aider à compléter l'analyse occlusale du T-scan pour transposer les contacts visibles de l'écran aux dents elles-mêmes.

➤ La courbe d'apprentissage

Apprendre à utiliser le système et surtout interpréter les résultats requiert un certain temps d'adaptation puisque que la technologie T-scan est très différente des méthodes d'analyse occlusale conventionnelles. (32) Plusieurs cliniciens sentent que le temps requis pour l'analyse ainsi que les coûts additionnels ne sont pas bénéfiques et que les méthodes conventionnelles sont suffisamment adéquates pour leurs besoins.

3 Objectifs et hypothèses

3.1 Objectifs

L'objectif principal de cette étude comparative prospective descriptive longitudinale est de déterminer si le centre de forces des contacts occlusaux a une position plus antérieure chez des patients traités avec aligneurs (Invisalign™) par rapport à ceux traités avec des boîtiers conventionnels, six mois après la fin du traitement.

Les objectifs secondaires sont de :

- Comparer chez les deux groupes, après six mois de mise en place fonctionnelle, la répartition des contacts entre la droite et la gauche, la simultanéité des contacts (représentée par le temps d'occlusion) et le confort du patient.
- Évaluer si la localisation antéropostérieure du centre de force est influencée par le type d'appareil de rétention utilisé et le temps de port lors des six premiers mois de mise en place fonctionnelle.
- Déterminer si certains symptômes (douleur aux articulations ou aux dents, inconfort lors de l'occlusion) ressentis par le patient pourraient être des indicateurs d'une moins bonne mise en place fonctionnelle.
- Confirmer si, au départ, les patients traités par aligneurs ont un centre de forces plus antérieur, qui représenterait la bécance postérieure souvent observée suite à des traitements avec aligneurs.

3.2 Hypothèses

L'hypothèse principale de recherche est que, après six mois de mise en place fonctionnelle, l'occlusion sera équivalente chez le groupe ayant été traité avec aligneurs (Invisalign™) par rapport au groupe traité avec boîtiers conventionnels.

Hypothèses nulles :

Après six mois de mise en place fonctionnelle :

- Il n'y aura pas de différence dans la position antéro-postérieure du centre de forces entre les groupes.
- Il n'y aura pas de différence dans la répartition droite/gauche des contacts entre les groupes.
- Il n'y aura pas de différence dans le temps d'occlusion entre les groupes.
- Il n'y aura pas de différence dans le niveau de confort entre les groupes.

3.3 Résultats attendus

- Au moment de la dépose des appareils orthodontiques :

Nous nous attendons à ce que la qualité de l'occlusion soit moins idéale chez les patients traités avec aligneurs. Ceci pourrait se traduire par :

- une position plus antérieure du centre de forces,
- une répartition moins équilibrée entre les côtés gauche et droite
- un temps d'occlusion plus long
- un niveau de confort moins élevé tel que rapporté par les patients

- Après six mois de mise en place fonctionnelle :

Nous nous attendons à ce que la qualité de l'occlusion (position antéro-postérieure du centre de forces, la répartition droite/gauche des contacts, le temps d'occlusion) ainsi que le confort des patients soient semblables entre les deux groupes.

Nous prévoyons aussi que la présence d'appareils de rétention ralentira la mise en place fonctionnelle. Ainsi, les patients n'ayant pas d'appareils de rétention ou les portant moins de douze heures par jour auront une meilleure mise en place fonctionnelle, représentée par un centre de forces positionné plus postérieurement.

4 Article soumis

A comparative digital occlusal analysis (T-Scan™), over a six months retention period, of orthodontic treatments provided with fixed appliance therapy and clear aligners (Invisalign®)

Colette Boulos ^a, Andrée Montpetit ^b, Pierre Rompré ^c, Robert Kerstein ^d, Julia Cohen-Levy ^e

^a Résidente en Maîtrise en orthodontie, DMD, Université de Montréal, Québec, Canada

^b Professeur agrégée en orthodontie, DMD, M.Sc., FRCD, Université de Montréal, Québec, Canada

^c Statisticien, Université de Montréal, Québec, Canada

^d Ancien assistant professeur clinique en dentisterie restorative, DMD, Université de Tufts, Stoughton, Massachusetts, États-Unis

^e Résidente en Maîtrise en orthodontie, DDS, M.Sc., PhD, Université de Montréal, Québec, Canada

Section d'orthodontie, Faculté de médecine dentaire, Université de Montréal, Montréal, Canada

Cet article a été soumis à la revue *The Angle Orthodontist* en mars 2020.

Adresse de correspondance

Colette Boulos

Faculté de médecine dentaire

Université de Montréal

3525 chemin Queen Mary

Montréal, QC, H3V 1H9

CANADA

Abstract

Objective: Following aligner therapy, a lack of posterior contacts is common and expected to resolve with settling. The aim of the study was to compare the quality of occlusion and settling, immediately after treatment and during a retention period of six months, in patients treated with fixed appliance therapy or clear aligners.

Materials and Methods: 14 patients treated with aligners and 25 patients treated with fixed appliances (without extraction or maxillofacial surgery), were evaluated by a digital occlusal analysis (T-Scan 9) at completion of treatment. Contact symmetry, simultaneity and the antero-posterior position of the Center of Force (COF) were assessed at the time of debond, and after 3 and 6 months of retention.

Results: At all times of evaluation, the COF position was not statistically different for both treatment modalities ($p=0.854$), but located more anteriorly in female patients when compared to male patients ($p=0.002$). Settling appeared completed by 3 months in both groups.

Conclusion: The quality of the occlusion is comparable after 6 months of settling when treated with either treatment modality. Females maintained a more anterior COF after six months of retention.

KEY WORDS: Settling, Occlusion, Posterior occlusion, Digital occlusal analysis, Center of Force, Aligners, Fixed appliance therapy

Introduction

Obtaining a stable and functional occlusion is one of the main goals and responsibilities of the orthodontist. Occlusal aims include achieving simultaneous, evenly distributed contacts, that are stronger posteriorly and very light anteriorly. (3) Respecting these objectives is a key factor to ensure long-term stability of the orthodontic result. (4,6) In addition, many authors have reported that occlusal disharmonies could be correlated with potential problems such as temporomandibular disorders, periodontal disease, cervical abfraction or less efficient mastication, though these relations remain controversial. (7–9,11)

In 2019, a systematic review, comparing the results obtained with aligner therapy or conventional fixed appliances, concluded that aligners were less effective in producing adequate occlusal contacts. (12–14) Furthermore, many clinicians have noticed the development of posterior open bites following aligner therapy (Figure 15), and have attempted to find ways to avoid this issue. (15,16)



Figure 15. Posterior open bite as often seen immediately following aligner therapy

Fortunately, it has been shown that a lack of posterior contacts can resolve during the settling of occlusion. Numerous studies have documented that complete settling requires time, and that the number of occlusal contacts increases during this period. (18,20)

These conclusions have been drawn by using conventional occlusal registrations, like occlusal paper. However, recent studies have revealed that occlusal paper marking is an unreliable indicator for occlusal analysis, since the paper mark area poorly correlates with occlusal contact force. This method, along with shim stock, waxes and silicone impressions, are all subjective and static, providing no information with regards to occlusal contact sequence and timing, which is crucial when evaluating the simultaneity of contacts. (22)

One study that assessed the quality of the settling using the T-Scan digital occlusal analysis force and time-sequence data, found that although most patients' static occlusion improved during settling, others retained an uneven, asymmetric contact distribution. (23)

The aim of this study was to determine whether a difference in the average anteroposterior distribution of occlusal contacts could be observed after six months of settling, in patients that were treated with fixed appliances compared with those treated with aligners. By employing a precise digital occlusal analysis, the quality of settling, the simultaneity of the intercuspated occlusal contacts, and the contact distribution resultant from both treatment modalities were assessed.

Materials and Methods

Participants

All patients that had completed non-extraction, non-maxillofacial surgery, comprehensive orthodontic therapy into an ideal class I occlusion at a university Orthodontic clinic, and at a senior orthodontist's practice (AM), were invited to participate in the study. The study population included 39 patients:

- 25 patients (mean age 18.7 ± 5.2 , 6 females, 19 males) had fixed appliance therapy (Speed™ appliance, Canada or Empower™, American Ortho appliance, USA)
- 14 patients (mean age 20.6 ± 7.3 , 10 females, 4 males) had clear aligner therapy (Invisalign™, Align Technology, USA).

Subjects were excluded if they presented with:

- Retainers with occlusal coverage during the time of data collection
- Tooth agenesis (excluding 3rd molars)
- Presence of microdontia (unless related to 3rd molars)
- Large restorations installed during the time of data collection
- Severe periodontal disease

Data Collection

Patients were assessed by the same examiner (CB), at three points in time; on the day of treatment completion (T0), again at 3 months (T3), and at 6 months (T6) post treatment. At each of these follow-up visits, the examination included a digital occlusal analysis with the T-Scan 9 system (Tekscan, Inc., S. Boston, MA, USA), an overjet and overbite registration with a periodontal probe, oral questionnaires, patients assessed their level of comfort and pain on a scale from 0 to 10, and a self-report of compliance using their retainer, if given one. At each appointment, the examiner confirmed that the patient had not undergone dental restorative or occlusal equilibration treatments since the previous visit. The proposed methodology of the Study Design is described stepwise in Figure 16.

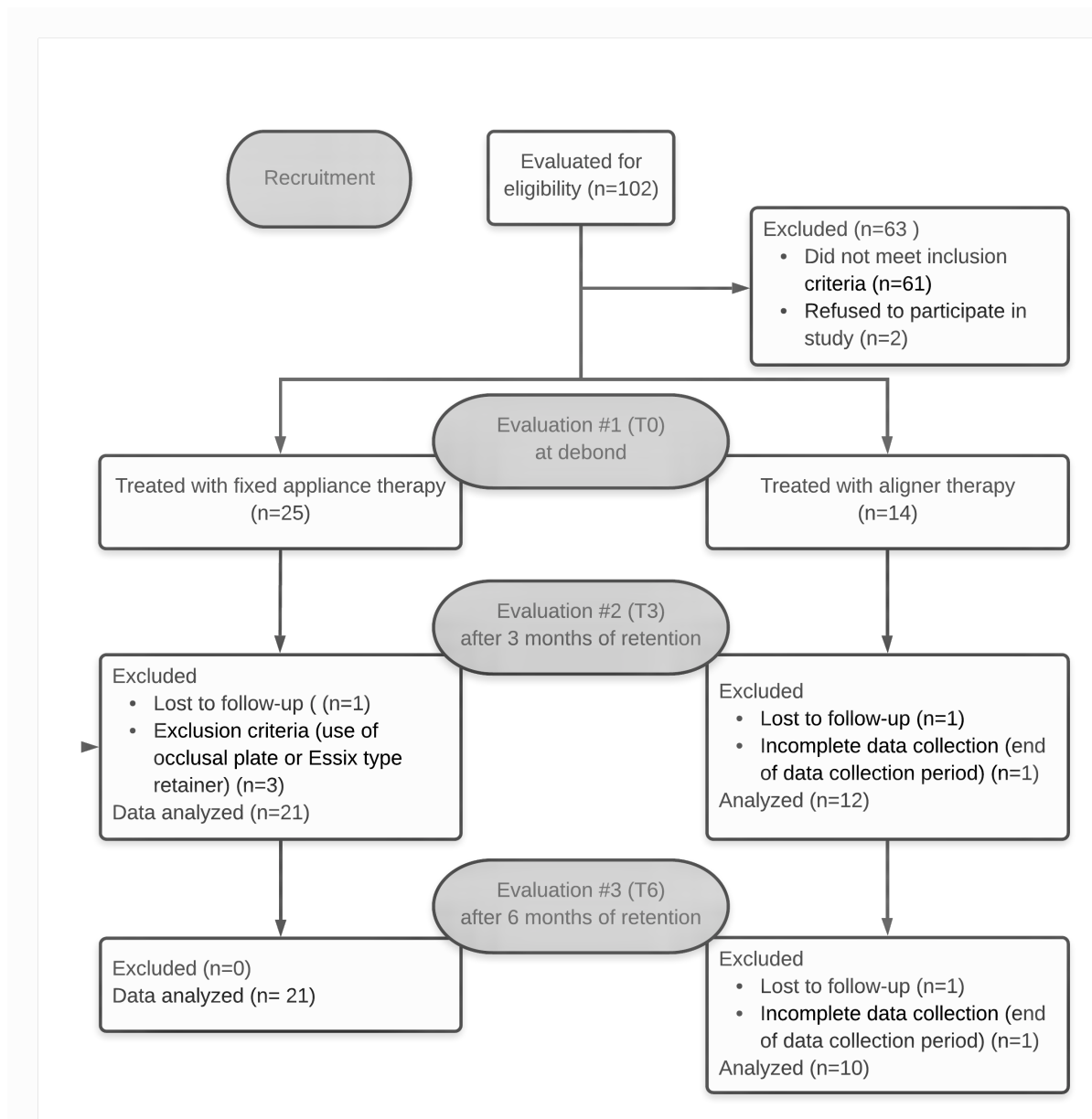


Figure 16. Study Design Flow Chart

Digital Occlusal Analysis

The digital occlusal analysis employed the Evolution Handpiece of the T-Scan 9 system. Prior to recording the occlusal analysis, patients were given instructions and familiarized with the system by performing practice registrations. Three consecutive self-intercusated registrations were made without removing the sensor from the patient's mouth (known as a Multi-bite

recording), after which the patient rested for one minute before replicating the procedure a second time, if needed. At each visit, the Sensitivity of the sensor was adapted to the patient's muscular strength, to avoid oversaturating the sensor. For each patient, the same sensor was used during all three visits, unless the sensor demonstrated excessive wear, or was perforated. The dimensions of each patient's teeth were measured with a Bowley gauge on the final casts, to match each participant's anatomic dental arch closely with the T-Scan software's dental arch. When several recordings were obtained for a single visit, the one presenting the most consistency between the three consecutive intercuspatations was used for analysis.

The position of the Center of Force Icon (COF), the point representing the average of all occlusal contacts forces, obtained at each patient's Maximum Intercuspatation (MIP), was used for analysis. Its anteroposterior value was calculated by the T-Scan software, to range from 0 to 1. A greater value signified a more posterior position. Also assessed were the symmetry of contact distribution (%R), and the Occlusion Time (OT), which indicates premature or prolonged occlusal contacts. (137)

Statistical Analysis

Using a two-sample t-test, it was estimated that a sample size of 15 participants per group would provide a power of 80% to reject the null hypothesis that there were no significant between-group differences, at an alpha level of 5%, assuming a difference in the anteroposterior position of COF = 0.050 ± 0.046 (based on a pilot study).

All values were tested for normal distribution using the Shapiro-Wilk test. Fisher's exact test and two-sample t-test were used to compare baseline characteristics between groups. The influence of group, time and gender were tested using non parametric ANOVA-type statistics and mixed models for repeated measures. Bonferroni correction was used for pairwise comparisons. A P value smaller than 0.05 was considered statistically significant.

This prospective longitudinal study was assessed and approved by the Ethical Comity of Clinical Research (CERC) of the University of M. (# 18-060-CERES-D).

Results

There were no significant differences between the fixed or aligner treated groups for age, pre-treatment molar occlusal classification, pre-treatment asymmetry of the dental midlines, facial type, or canine occlusal discrepancy > 3mm. In the aligner group, there were more girls compared to the group with braces ($p=0.007$). (Table 2)

	Fixed appliances (n=25)	Aligners (n=14)	P value
	Mean \pm SD	Mean \pm SD	
Age at post-treatment T0 ^a (y)	18.7 \pm 5.2	20.6 \pm 7.3	0.41
Female patients (%)	24	71.4	0.007 **
Molar occlusion pre-treatment (%)			
Class I	84	85.7	
Class II	12	14.3	1
Class III	4	0	
Presence of asymmetry pre-treatment (%)	12	14.3	1
Facial type (%)			
Brachycephalic	0	0	
Mesocephalic	72	85.7	
Dolichocephalic	28	14.3	0.445

^a T0 indicates immediately after appliance removal

** $p < 0.01$

Table 2. Baseline sample description of fixed appliance and aligner groups

During the first 6 months of settling, with both treatment modalities, there was a net increase with regards to patients' comfort level (PC) (mean increase of 2/10; $p < 0.0001$). The COF moved posteriorly in both groups from T0 to T6, while the %R and OT remained unchanged. (Table 3)

		T0		T3		T6	
			Mean ± SD		Mean ± SD		Mean ± SD
Anteroposterior position of Center of forces (COF)	Fixed Appliances	(n= 25)	0.530 ± 0.087	(n= 21)	0.555 ± 0.092	(n= 21)	0.554 ± 0.108
	Aligners	(n= 14)	0.512 ± 0.089	(n= 12)	0.532 ± 0.091	(n= 10)	0.550 ± 0.062
Right /Total contact distribution (%) (%R)	Fixed Appliances	(n= 25)	49.04 ± 7.89	(n= 21)	47.21 ± 9.59	(n= 21)	49.88 ± 8.53
	Aligners	(n= 14)	50.20 ± 7.02	(n= 12)	46.48 ± 7.63	(n= 10)	47.45 ± 8.75
Occlusion time (seconds)(OT)	Fixed Appliances	(n= 25)	0.137 ± 0.046	(n= 21)	0.120 ± 0.046	(n= 21)	0.138 ± 0.051
	Aligners	(n= 14)	0.181 ± 0.096	(n= 12)	0.183 ± 0.123	(n= 10)	0.153 ± 0.060
Patient comfort (from 0 to 10) (PC)	Fixed Appliances	(n= 25)	8.36 ± 1.04	(n= 21)	8.90 ± 1.45	(n= 21)	9.48 ± 0.680
	Aligners	(n= 14)	7.64 ± 1.08	(n= 12)	9.33 ± 0.778	(n= 10)	9.60 ± 0.699

Table 3. Variation in occlusal factors and patient comfort between T0 and T6 for fixed appliance and aligner groups

Figure 17 shows the variation in the anteroposterior position of COF was visible during the first three months ($p=0.003$), after which it did not vary significantly with either treatment modality ($p=1.000$).

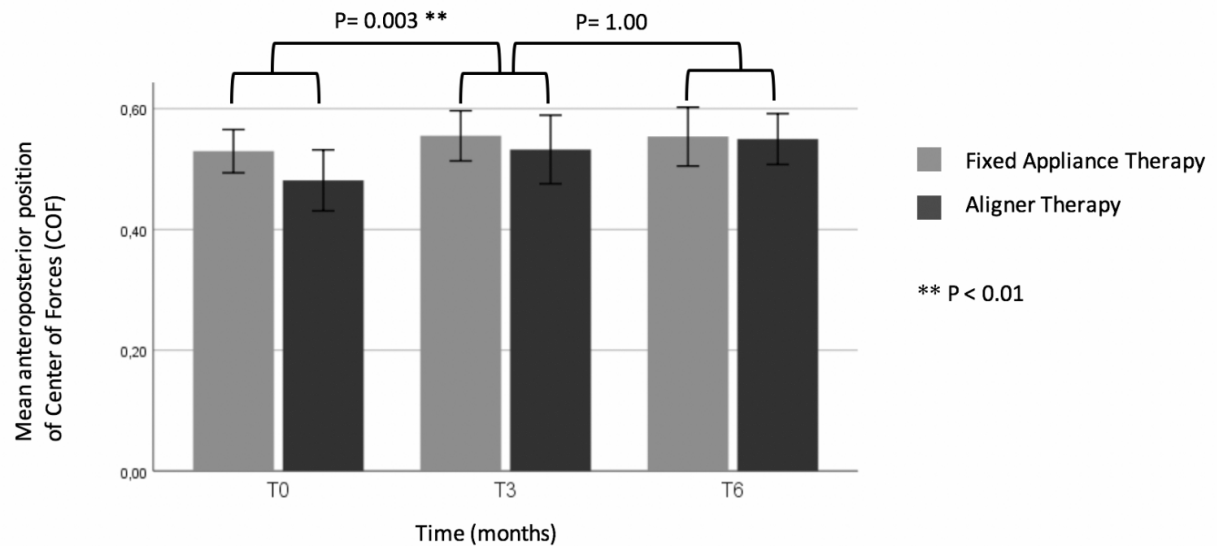


Figure 17. Variation in time of the antero-posterior position of COF for fixed appliance and aligner groups

There was no statistically significant difference in the antero-posterior position of the COF between the fixed appliance therapy and aligner group throughout the study ($p=0.854$) (Table 4). %R, OT and PC were also not statistically different during the six months of observation.

	Day of completion of treatment (T0)			3 months post completion (T3)			6 months post completion (T6)		
	Fixed appliances n= 25		P value	Fixed appliances n= 21		P value	Fixed appliances n= 21		P value
	Mean	SD		Mean	SD		Mean	SD	
Anteroposterior position of Center of forces (COF)	0.530 ± 0.087	0.512 ± 0.089	0.640	0.555 ± 0.092	0.532 ± 0.091	0.708	0.554 ± 0.108	0.550 ± 0.062	0.350

Table 4. Antero-posterior position of Center of Force at T0, T3 and T6 for fixed appliance and aligner groups

A statistically significant difference was observed in the antero-posterior position of COF between sexes, being more anterior in females at all times ($p = 0.002$) (Figure 18). None of the interactions between sexes, group and time were statistically significant.

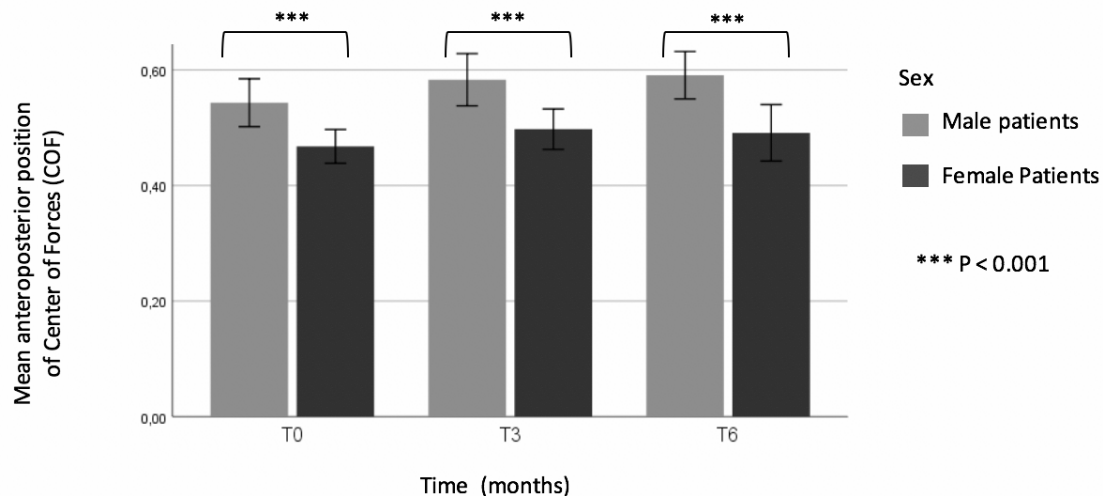


Figure 18. Variation in time of the antero-posterior position of Center of Force for male and female patients

Discussion

Following orthodontic treatments with aligners, many clinicians have noticed a lack of posterior contacts, which contrasts with the desired occlusal objectives. (15,16)

This study compared the antero-posterior position of the Center of Force up to six months after completion of orthodontic therapy between patients treated with fixed appliance and aligners, to assess whether the latter may be problematic in achieving ideal occlusal objectives. The T-Scan 9 system was employed because it obtains precise and reproducible measured occlusal contact force data (130) with contact timing and sequence information. (137)

In the current study, there was no statistically significant difference between the fixed and aligner patients, in the antero-posterior position of the COF six months after completion of orthodontic treatment. Other indicators of the quality of settling (%R, OT and PC) were also not statistically different between the two groups, suggesting that both therapies obtained similar closure contact occlusal outcomes. At T6, the mean value of COF was 0.552 ± 0.095 which corresponds with a position located qualitatively at the level of the mesial of the first molar, which has been shown to be its ideal position in patients with normal occlusions. (127) In a mutually protective occlusion, contacts should be stronger posteriorly, as molars are anatomically shaped to sustain larger proportions of the total occlusal load. (3)

As the occlusal force distribution on either side of the dental arch was highly variable at each follow up visit, average values of %R measured at the point of maximum bite force for 3 consecutive bite registrations were used. Despite this instability, half the patients (54.8% of the sample) had close-to symmetric repartition of their contact forces after six months of settling, with the occlusal force imbalance ranging between 45-55%. It was however not possible to determine whether the cause of the observed asymmetry was muscular imbalance or uneven contact distribution. This would require an electromyographic analysis to evaluate muscle activity levels that ideally, would have been performed before orthodontic treatment, to confirm an imbalance was present prior to treatment.

The COF moved posteriorly in both groups from T0 to T3 ($p=0.003$), after which time, no statistically significant difference was noted. This suggests that most of the settling occurred within the first three months post-treatment, which corresponds with conclusions drawn in earlier studies. (93) In this study, it was not possible to reliably observe the retention appliance's influence on the settling. This would have required more patients to accurately assess, as the retention protocols were very variable in this study. Ideally, an observance chip inserted in the appliance could be used when evaluating the influence of retention devices.

The absence of a statistically significant difference with regards to the antero-posterior position of the COF between the two treatment modalities ($p=0.854$) at T0 suggests the absence of a posterior open bite in the aligner group. These results may be specific to our university setting, where much care was conferred in adapting the aligner treatment plan to avoid this problem, and may possibly not correspond to what is generally seen following aligner therapy, where a posterior open bite has often been reported. (15,16)

In this study, on average, 3.9 modifications were made to each patient's Clincheck™ (the virtual treatment planning with simulated movements software) prior to approval, 1.6 "refinements" were performed in the finishing stages prior to completion of aligner therapy, and the mean treatment time was 19.4 (± 7.98) months, longer compared to the 12 - 18 months average treatment time reported by Align Technology. (73)

The development of a posterior open bite has been linked to different potential factors; the intrusion of posterior teeth due to the interocclusal thickness of aligners, premature anterior contacts (often due to a lack of maxillary incisor torque or insufficient overjet), and difficulty extruding posterior teeth with aligners to level the Curve of Spee. Several strategies (Figure 19) have been suggested to avoid creating a posterior open bite including exaggerating the overjet and the anterior torque on maxillary incisors, using adequate attachments, stripping interproximally when needed to help level the lower arch, and using inter-arch vertical elastics in the premolar area. The results of this study suggest that with careful planning and proper

knowledge of the aligner system's limitations and how to counter them, ideal static occlusal objectives can be achieved with aligners.

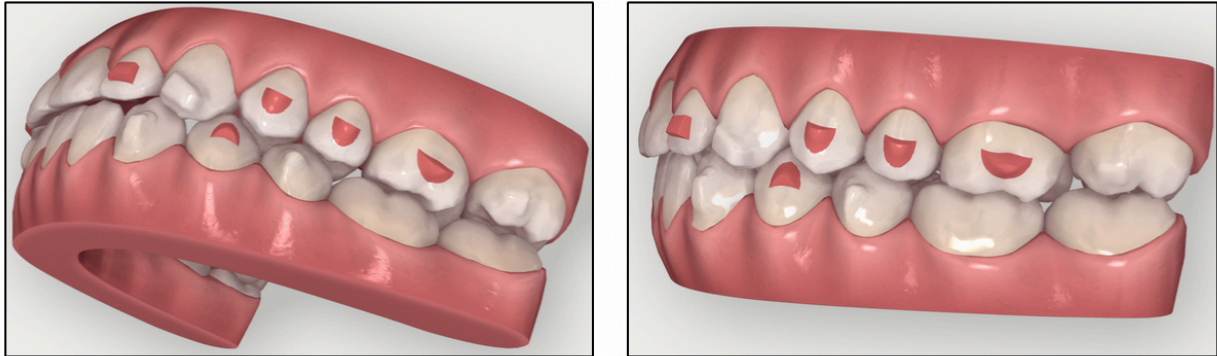


Figure 19. Example of a Clincheck™ incorporating strategies to avoid posterior open bite

Clincheck™ is programmed with exaggerated overjet and maxillary incisor torque to avoid anterior interferences.

Interestingly, a statistically significant difference was observed in the antero-posterior position of COF between sexes, with it being positioned more anteriorly in female patients at all times. In a study by Varga et al., the forces of mastication when measured by electromyography were weaker in women at the time of debond, and their settling took longer than for male patients. (95) It was hypothesized that this difference could be explained by the fact that women are more cautious and avoided biting forcefully during their orthodontic treatment. Applying this theory to the current study could account for the more anterior position of COF in female patients at T0. The age of our patient sample (mean 19.38 ± 5.99 years) could possibly contribute to the difference between sexes in the COF's position, as it corresponds with the period of late mandibular growth in females. (44) This phase of development, which occurs earlier in females, could account for their occlusal contacts and forces remaining more anterior as the mandible is being brought forward during this growth spurt.

In this study, using the T-Scan system as a method for post-treatment follow-up proved to be very beneficial in several instances, as the T-Scan rapidly detected relapses. Figure 20 shows

that due to the precision of the T-Scan analysis, and its ability to compare the distribution of contacts between visits, a developing anterior open bite was identified at T3, where it was not readily apparent when observing the patient visually. At T6, the digital occlusal analysis indicated the situation was worsening, with the COF moving posteriorly and the sudden absence of anterior contacts. A tongue thrust tendency was the probable cause, which was addressed with 2 Essix type retainers, to be worn full time for one month, and then after only at night. The patient was also referred to a speech therapist to adopt improved tongue posture and function, as these factors have been identified as potential sources of developing open bites, and a lack of settling during the retention phase. (23)

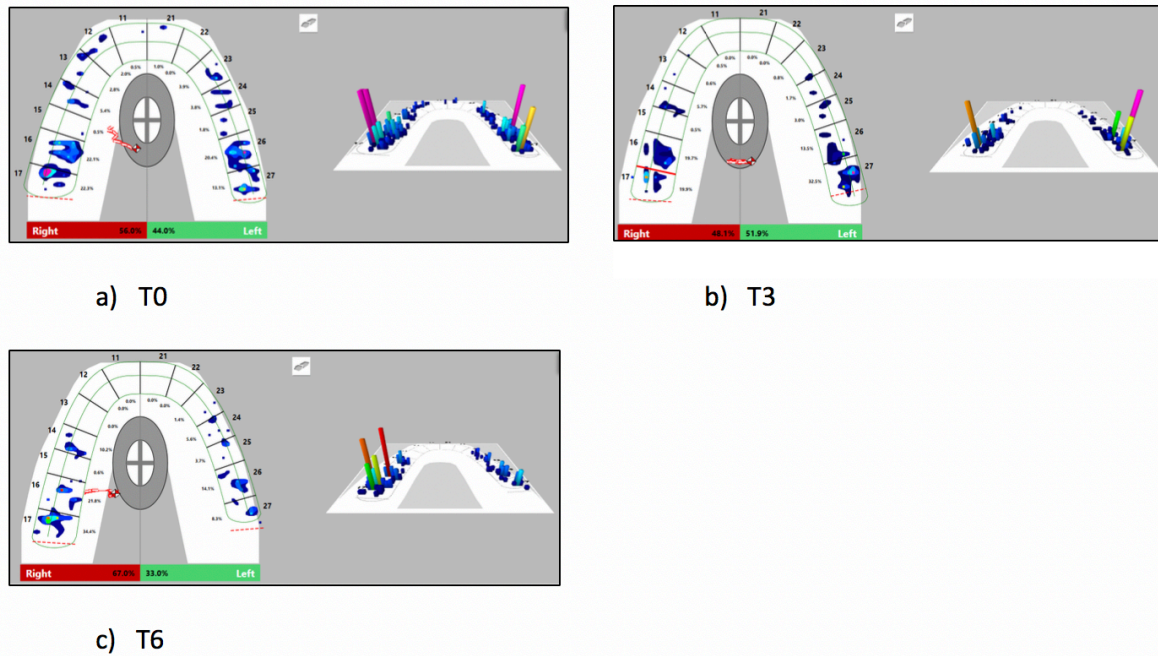


Figure 20. T-Scan 9 occlusal analysis for same patient, at T0, T3 and T6

T-Scan recordings showing a decrease in anterior contacts and an exaggerated posterior displacement of COF from a) T0 to b) T3 to c) T6

Limitations

In this study, the sample size and the small difference between groups for antero-posterior position of COF resulted in a statistical power of 15%. Hundreds of subjects in each group would have been needed to achieve a power of 80%.

The current study focused on assessing static occlusion, therefore dynamic movements were not evaluated. Although an ideal static occlusion may lead to a balanced functional occlusion, Morton and Pancherz demonstrated during the retention phase that settling, which improves static occlusion by increasing the amount of contacts, does not necessarily translate into better lateral and protrusive movements. (98)

Conclusion

When comparing fixed orthodontic treatment outcomes to aligner therapy outcomes, this study determined that:

- There was no difference in the quality of the occlusion after six months of settling when treated with either treatment approach.
- A posterior open bite could possibly be avoided by understanding the limitations of aligner therapy, and using strategies to counter the formation of a posterior open bite.
- Most occlusal changes occurred within the first three months after active tooth movement had ended.
- Females maintained a more anterior Center of Force initially during the retention phase.

Acknowledgements

This research did not receive any grant from funding agencies. The sensors were provided by Tekscan, Inc, S. Boston, MA USA.

Conflict of interest

The 3rd Author, Kerstein RB is a consultant to Tekscan, Inc. and receives no monetary gain from sales.

5 Discussion

5.1 Vérification des hypothèses

Selon les résultats obtenus dans notre étude, l'hypothèse nulle a été acceptée : il n'y a pas de différence dans la position antéro-postérieure du centre de forces chez les patients selon s'ils ont été traités par aligneurs ou par boitiers fixes après six mois de mise en place fonctionnelle. La qualité de l'occlusion selon les paramètres évalués par l'analyse occlusale digitale du T-scan, (la répartition des contacts droite/gauche, le temps d'occlusion) et le confort du patient semblent aussi s'équivaloir après cette période de contention.

Contrairement à nos attentes, nous n'avons également pas observé de différence statistiquement significative entre les groupes pour ces mêmes variables au moment de la dépose des appareils orthodontiques. Ceci signifierait que dans notre population, les traitements avec aligneurs n'avaient pas une tendance à créer des béances postérieures, tel qu'il a souvent été rapporté.

L'effet des appareils de rétention n'a pas pu être bien apprécié étant donné qu'il y avait différents protocoles de contention et donc peu de patients employant le même type de dispositif. De plus, une évaluation idéale de ce facteur aurait nécessité une analyse objective de l'observance, comme la présence d'une puce informatisée insérée dans l'appareil pour connaître son temps de port réel.

5.2 Intérêt clinique

Cette étude a un intérêt clinique tangible puisqu'elle est parmi les seules à comparer à l'aide d'une analyse occlusale digitale informatisée, la qualité de l'occlusion après quelques mois de rétention entre des patients traités par aligneurs et par boitiers. Les limitations possibles liées à l'atteinte des objectifs occlusaux associées aux traitements avec aligneurs font partie des préoccupations actuelles des cliniciens. L'apparition des béances postérieures suite aux

traitements avec aligneurs est un phénomène qui a été peu étudié : sa prévalence demeure inconnue et sa résolution naturelle à court terme n'a pas été évaluée.

L'emploi d'un système à analyse occlusale digitale a permis d'obtenir une évaluation fiable, précise et objective et de comparer clairement, à l'aide du logiciel, l'évolution de l'occlusion dans le temps. La répartition des contacts, mais également leur simultanéité, ont pu être enregistrés, alors que le temps d'occlusion est un aspect qui est difficilement quantifiable avec les méthodes d'analyse occlusale conventionnelles. De plus, la variable centre de forces, calculée à l'aide du logiciel T-scan est une manière différente d'évaluer l'occlusion que ce qui est fait de routine dans ce type d'étude. Cette donnée, qui permet de connaître facilement la position et la trajectoire du point représentant la moyenne des contacts, fournit rapidement de l'information sur la distribution et la symétrie des contacts. Ainsi cette étude nous a permis d'obtenir une évaluation de la qualité de l'occlusion et de la mise en place fonctionnelle distincte de celles qui ont comparé les traitements par aligneurs et par broches par le passé.

Les résultats de l'étude observés lors de la dépose des appareils orthodontiques sont d'un grand intérêt pour tous les cliniciens employant les aligneurs dans leur pratique. Dans notre population, aucune différence n'a été observée à T0 entre les groupes en ce qui attrait à la position antéro-postérieure du centre de forces et aux autres variables évaluées, signifiant l'absence de l'influence du type de traitement. Nous avons émis l'hypothèse que, dans notre échantillon, les béances postérieures ont été évitées par la connaissance des limitations des traitements par aligneurs et par l'emploi de certaines stratégies pour les contrer. Ainsi, selon nos observations, dans des cas sans extractions et sans chirurgie orthognatique, il serait possible d'obtenir une finition occlusale adéquate avec les aligneurs, bien que ces résultats soient possiblement liés au contexte universitaire et qu'ils ne soient pas extrapolables à toute pratique orthodontique.

5.3 Limitations de l'étude

Certaines limitations de l'étude peuvent être soulevées :

- Dans cette étude, seule l'occlusion statique a été évaluée. Bien qu'elle soit souvent corrélée avec la qualité de l'occlusion dynamique (36), Morton et Pancherz ont démontré que l'amélioration de la qualité de l'occlusion statique pendant la mise en place fonctionnelle ne se traduit pas nécessairement par une amélioration des mouvements dynamique et que même, dans 7,9% des cas, l'occlusion dynamique s'empirerait lors des deux premières années de rétention. (98)
- Selon les calculs de taille d'échantillon, quinze sujets étaient nécessaires pour détecter une différence entre la position antéro-postérieure du centre de forces, basé sur un écart-type de 0,046, pour un pouvoir de 80% et une marge d'erreur à 5%. Le nombre de patients dans le groupe aligneurs (10 patients à T6), étant inférieur à celle souhaitée nous a permis d'avoir un niveau de confiance de 15%. Il se pourrait donc qu'il y ait effectivement une différence entre la qualité de l'occlusion après six mois de mise en place fonctionnelle qui n'ait pas été représentée dans notre échantillon.
- Une analyse électromyographique de la contraction musculaire du groupe masticatoire aurait permis de mieux comprendre la répartition des forces occlusales et de pouvoir discerner entre la présence de contacts inégaux ou d'une contraction musculaire asymétrique. Une analyse effectuée avant même de commencer le traitement aurait été pertinente pour voir si l'asymétrie musculaire existait déjà au départ.
- Il aurait été également intéressant de compléter l'enregistrement occlusal digital à une analyse occlusale à l'aide de papier d'occlusion pour pouvoir visualiser la position exacte des contacts sur les dents. La combinaison de ces deux méthodes aurait permis de reconnaître si les contacts obtenus durant la phase de rétention étaient idéaux ou non idéaux, ceux-ci ayant étant décrits par Dawson comme étant des contacts nuisibles et dommageables qui créent des interférences sur le côté balançant lors des mouvements de latéralité ou sur les dents postérieures lors de la protrusion. (138) Une alternative au papier d'occlusion serait d'employer une caméra intraorale et un logiciel de super-

imposition pour permettre un suivi précis de l'évolution de la position des contacts pendant la mise en place fonctionnelle.

- La variation de l'heure de l'enregistrement occlusal pourrait être soulevé comme étant un facteur confondant étant donné qu'il a été démontré par Berry et al. que l'occlusion change en fonction d'un patron diurne. (139)

5.4 Avenues de recherche

Tel que décrit précédemment, il serait intéressant de compléter cette étude avec une analyse électromyographique ainsi qu'un enregistrement des dents à l'aide d'une caméra intraorale et d'un logiciel de super-imposition.

Dans cette étude, étant la première dans son genre, nous avons choisi de comparer uniquement des cas n'ayant pas nécessité de chirurgie orthognatique ou d'extractions, pour limiter les facteurs confondants possibles. Il serait pertinent de reprendre le même type de comparaison pour pouvoir comparer la qualité de la finition occlusale entre les traitements avec aligneurs et avec boîtiers dans des situations variées et possiblement plus complexes.

Nous avons pu constater dans notre population, que les filles maintenaient un centre de forces plus antérieur que les gars, et ceci même après six mois de mise en place fonctionnelle. Il serait intéressant d'investiguer davantage par rapport à cette observation. Ceci pourrait se faire en comparant dans une future étude le centre de forces et une évaluation de la contraction musculaire entre les sexes avant de commencer un traitement orthodontique. Ces mêmes variables pourraient être observées lors de la rétention pour une plus longue période de temps (un ou deux ans), pour voir si cette différence s'estompe après un certain temps. S'il est constaté que les filles mettent plus de temps à retrouver un centre de forces plus postérieur, il faudrait possiblement s'attarder davantage lors de la phase active du traitement orthodontique pour obtenir plus de contacts postérieurs chez les filles. Ou encore attendre plus de temps avant de procéder à des ajustements d'occlusion suite aux traitements orthodontiques.

5.5 Sources de financement

L'appareil d'enregistrement T-scan était un prêt gracieux du Dre Julia Cohen-Levy.

Les capteurs nous ont été fournis gracieusement par Tekscan™.

6 Conclusion

Selon les résultats de cette étude, nous pouvons conclure que, suite à des traitements orthodontiques sans extractions et sans chirurgie orthognatique :

- Il n'y aurait pas de différence dans la qualité de l'occlusion après six mois mise en place fonctionnelle quelle que soit la modalité de traitement (aligneurs ou boitiers).
- Une béance postérieure suite à des traitements par aligneurs pourrait possiblement être évitée avec une bonne connaissance des limitations du système avec aligneurs et en appliquant des stratégies pour les contourner.
- Les changements occlusaux pendant la mise en place fonctionnelle se feraient principalement lors des trois premiers mois de rétention.
- Le sexe féminin pourrait être associé à un centre de forces plus antérieur même après six mois de mise en place fonctionnelle.

Bibliographie

1. Roth RH. Functional occlusion for the orthodontist. *J Clin Orthod*. 1981 Jan;15(1):32–40, 44-51 contd.
2. Filtchev AD, Kalachev YS. Phenomenon of domination of the strongest contacts in centric occlusion. *Quintessence international* (Berlin, Germany : 1985). 2008 Mar;39(3):e99-106.
3. Okeson JP. Evolution of occlusion and temporomandibular disorder in orthodontics: Past, present, and future. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2015 May;147(5 Suppl):S216-23.
4. Nanda RS, Nanda SK. Considerations of dentofacial growth in long-term retention and stability: Is active retention needed? *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1992 Apr;101(4):297–302.
5. de Freitas KMS, Janson G, de Freitas MR, Pinzan A, Henriques JFC, Pinzan-Vercelino CRM. Influence of the quality of the finished occlusion on postretention occlusal relapse. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2007 Oct;132(4):428.e9-428.e14.
6. Maia NG, Normando ADC, Maia FA, Ferreira MAF, Alves MSCF. Factors associated with orthodontic stability: a retrospective study of 209 patients. *World J Orthod*. 2010 Spring;11(1):61–6.
7. Riolo ML. Associations between occlusal characteristics and signs and symptoms of TMJ dysfunction in children and young adults. *Am J Ortho Dentofac Orthop*. 1987;92(6):11.
8. Bernhardt O, Gesch D, Look JO, Hodges JS, Schwahn C, Mack F, et al. The Influence of Dynamic Occlusal Interferences on Probing Depth and Attachment Level: Results of the Study of Health in Pomerania (SHIP). *Journal of Periodontology*. 2006 Mar 1;77(3):506–16.
9. Bernhardt O, Gesch D, Schwahn C, Mack F, Meyer G, John U, et al. Epidemiological evaluation of the multifactorial aetiology of abfractions. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2006 Jan;33(1):17–25.
10. Yurkstas AA. The masticatory act: a review. *J Prosthet Dent*. 1965;15:248–262.
11. English JD, Buschang PH, Throckmorton GS. Does Malocclusion Affect Masticatory Performance? *Angle Orthodontist*. 2002;72(1):7.
12. Ke Y, Zhu Y, Zhu M. A comparison of treatment effectiveness between clear aligner and fixed appliance therapies. *BMC Oral Health*. 2019 Dec;19(1).

13. Pithon MM, Baião FCS, de LID, Anna AS, Paranhos LR, Maia LC. Assessment of the effectiveness of invisible aligners compared with conventional appliance in aesthetic and functional orthodontic treatment: A systematic review. *J Investig Clin Dent*. 2019 Nov;10(4):8.
14. Robertson L, Kaur H, Fagundes NCF, Romanyk D, Major P, Mir CF. Effectiveness of clear aligner therapy for orthodontic treatment: A systematic review. *Orthod Craniofac Res*. 2019;10.
15. The Ortho Cosmos- Posterior Openbites with Aligners [Internet]. Available from: <https://theorthocosmos.com/posterior-openbites-aligners/>
16. Clear Correct Support [Internet]. Available from: <https://support.clearcorrect.com/hc/en-us/articles/204109918-Posterior-Open-Bite>
17. Durbin DS, Sadowsky C. Changes in tooth contacts following orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1986 Nov;90(5):375–82.
18. Razdolsky Y, Sadowsky C, BeGole EA. Occlusal contacts following orthodontic treatment: a follow-up study. *Angle Orthod*. 1989 Fall;59(3):181–5; discussion 186.
19. Dincer M, Meral O, Tumer N. The investigation of occlusal contacts during the retention period. *Angle Orthod*. 2003 Dec;73(6):640–6.
20. Basciftci FA, Uysal T, Sari Z, Inan O. Occlusal contacts with different retention procedures in 1-year follow-up period. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007 Mar;131(3):357–62.
21. Carey JP, Craig M, Kerstein RB, Radke J. Determining a Relationship Between Applied Occlusal Load and Articulating Paper Mark Area. *Open Dent J*. 2007 Jul 23;1:1–7.
22. Qadeer S, Kerstein R, Kim RJ, Huh JB, Shin SW. Relationship between articulation paper mark size and percentage of force measured with computerized occlusal analysis. *J Adv Prosthodont*. 2012 Feb;4(1):7–12.
23. Cohen-Levy J, Cohen N. Computerized analysis of occlusal contacts after lingual orthodontic treatment in adults. *International Orthodontics*. 2011 Dec;9(4):410–31.
24. Ash MM, Ramfjord SP. *An Introduction to Functional Occlusion* [Internet]. Saunders; 1982. Available from: <https://books.google.ca/books?id=KUZqAAAAMAAJ>
25. Hassan R, A.K R. Occlusion, malocclusion and method of measurements: An overview. *Orofacial Sciences*. 2007 Jan 1;2:3–9.
26. Ross IF. *Occlusion : a concept for the clinician*. C. V. Mosby Co; 1970.

27. Picart P. Occlusion dentaire, posture et performances sportives. Université de Lorraine; 2015.
28. Watanabe-Kanno GA, Abrão J. Study of the number of occlusal contacts in maximum intercuspation before orthodontic treatment in subjects with Angle Class I and Class II Division 1 malocclusion. *Dental Press Journal of Orthodontics*. 2012;17:138–47.
29. Temporomandibular Joint [Internet]. Clinical Gate. Available from: <https://clinicalgate.com/temporomandibular-joint/>
30. Brien J. Effets du port continu de coquilles correctrices Invisalign® sur l'articulation temporo-mandibulaire et les muscles du complexe facial. Université de Montréal; 2015.
31. Owens S, Buschang PH, Throckmorton GS, Palmer L, English J. Masticatory performance and areas of occlusal contact and near contact in subjects with normal occlusion and malocclusion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2002 Jun;121(6):602–9.
32. Afrashtehfar KI, Qadeer S. Computerized occlusal analysis as an alternative occlusal indicator. *Cranio*. 2016 Jan;34(1):52–7.
33. Angle EH. Classification of malocclusion. *Dent Cosmos*. 1899;41:248–64.
34. Robitaille P. Traitement combiné d'orthodontie et de chirurgie orthognatique avec Invisalign® : revue de la durée de traitement et des résultats obtenus. Université de Montréal; 2016.
35. Graber LW, Vanarsdall RL, Vig KWL, Huang GJ. *Orthodontics: Current Principles and Techniques* [Internet]. Elsevier; 2016. Available from: <https://books.google.ca/books?id=SRJBjwEACAAJ>
36. Andrews LF. The six keys to normal occlusion. *Am J Orthod*. 1972 Sep;62(3):296–309.
37. Ricketts RM. A detailed consideration of the line of occlusion. *Angle Orthod*. 1978 Oct;48(4):274–82.
38. Ricketts RM. The Keystone Triad part 1. *American Journal of Orthodontics*. 1964;50(4):244–64.
39. Ricketts RM. The Keystone Triad part 2. *American Journal of Orthodontics*. 1964;50(4):728–50.
40. Roth RH, Rofls DA. Functional occlusion for the orthodontist. Part II. *J Clin Orthod*. 1981 Feb;15(2):100–23.
41. Roth RH. Functional occlusion for the Orthodontist. Part III. *J Clin Orthod*. 1981 Mar;15(3):174–9, 182–98.

42. Gottlieb EL, Slavicek R. Dr. Rudolf Slavicek on Clinical and Instrumental Functional Analysis for Diagnosis and Treatment Planning, Part 2. *J Clin Orthod*. 1988;(July).
43. Cross TF. The Tweed philosophy: the Tweed years. *Seminars in Orthodontics*. 1996 Dec 1;2(4):231–6.
44. Proffit WR, Fields HW. *Contemporary Orthodontics*. 5th ed. Chicago: Mosby Year Book; 2013.
45. Afaf H-D, Bahije L, Zaoui F, Abouqal R, Rerhrhaye W. Les facteurs de décision dans le traitement de la Classe II division 1 avec et sans extractions monomaxillaires. *International Orthodontics*. 2014 Jun;12(2):239–48.
46. Ehrlich J, Taicher S. Intercuspal contacts of the natural dentition in centric occlusion. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1981 Apr 1;45(4):419–21.
47. Riise C, Ericsson SG. A clinical study of the distribution of occlusal tooth contacts in the intercuspal position at light and hard pressure in adults. *Journal of Oral Rehabilitation*. 10(6):473–80.
48. Seligman DA, Pullinger AG. Analysis of occlusal variables, dental attrition, and age for distinguishing healthy controls from female patients with intracapsular temporomandibular disorders. *J Prosthet Dent*. 2000 Jan;83(1):76–82.
49. McNamara JAJ, Seligman DA, Okeson JP. Occlusion, Orthodontic treatment, and temporomandibular disorders: a review. *J Orofac Pain*. 1995 Winter;9(1):73–90.
50. Okeson JP. *Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion* [Internet]. 7th ed. Elsevier Health Sciences; 2014. 504 pages. Available from: <https://books.google.ca/books?id=ksfsAwAAQBAJ>
51. Gher ME. Changing concepts. The effects of occlusion on periodontitis. *Dent Clin North Am*. 1998 Apr;42(2):285–99.
52. Tawil G. Peri-implant bone loss caused by occlusal overload: repair of the peri-implant defect following correction of the traumatic occlusion. A case report. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2008 Jan;23(1):153–7.
53. Wiskott HWA, Dubrez B, Scherrer SS, Belser UC. Reversible and Irreversible Peri-implant Lesions: Report and Etiopathogenic Analysis of 7 Cases. *Journal of Oral Implantology*. 2004 Aug;30(4):255–66.
54. Reyes E, Hildebolt C, Langenwalter E, Miley D. Abfractions and Attachment Loss in Teeth With Premature Contacts in Centric Relation: Clinical Observations. *Journal of Periodontology*. 2009 Dec;80(12):1955–62.

55. Michael J, Townsend G, Greenwood L, Kaidonis J. Abfraction: separating fact from fiction. *Australian Dental Journal*. 2009 Mar;54(1):2–8.
56. Silva AG, Martins CC, Zina LG, Moreira AN, Paiva SM, Pordeus IA, et al. The association between occlusal factors and noncarious cervical lesions: A systematic review. *Journal of Dentistry*. 2013 Jan;41(1):9–16.
57. Senna P, Del Bel Cury A, Rösing C. Non-carious cervical lesions and occlusion: a systematic review of clinical studies: Non-carious cervical lesions and occlusion. *J Oral Rehabil*. 2012 Jun;39(6):450–62.
58. Conrad HJ, Schulte JK, Vallee MC. Fractures related to occlusal overload with single posterior implants: a clinical report. *J Prosthet Dent*. 2008 Apr;99(4):251–6.
59. Rangert B, Krogh PH, Langer B, Van Roekel N. Bending overload and implant fracture: a retrospective clinical analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1995 May;10(3):326–34.
60. Lawn BR, Lee JJ. Analysis of fracture and deformation modes in teeth subjected to occlusal loading. *Acta Biomater*. 2009 Jul;5(6):2213–21.
61. Van Den Braber W, Van Der Bilt A, Van Der Glas HW, Bosman F, Rosenberg A, Koole R. The influence of orthognathic surgery on masticatory performance in retrognathic patients. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2005 Apr;32(4):237–41.
62. Proff P. Malocclusion, Mastication and the Gastrointestinal System: A Review. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte der Kieferorthopädie*. 2010 Mar;71(2):96–107.
63. Alexander RG. *The Alexander Discipline, Volume 2: Long-Term Stability*. Quintessence; 2011. 204 p.
64. Ormiston JP, Huang GJ, Little RM, Decker JD, Seuk GD. Retrospective analysis of long-term stable and unstable orthodontic treatment outcomes. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2005 Nov;128(5):568–74.
65. Angle EH. *Treatment of malocclusion of the teeth and fractures of the maxillae : Angle's system*. Creative Media Partners; 332 p.
66. Andrews LF. *The Straight-Wire Appliance*. *British Journal of Orthodontics*. 1979 Jul 1;6(3):125–43.
67. Remise C. *La technique de l'arc segmenté-# 5. Cours de biomécanique- orthodontie*, Université de Montréal; 2017.
68. Steffen JM, Haltom FT. The five-cent tooth positioner. *J Clin Orthod*. 1987 Aug;21(8):528–9.

69. Decker A. Tweed occlusion and occlusal function. J Charles H Tweed Int Found. 1987 Apr;15:59–85.
70. Sheridan JJ, McMinn R, LeDoux W. Essix thermosealed appliances: various orthodontic uses. J Clin Orthod. 1995 Feb;29(2):108–13.
71. Align Technology Corp Fact Sheet 2018 Q4.pdf [Internet]. [cited 2019 Feb 17]. Available from: <http://www.aligntech.com/documents/Align%20Technology%20Corp%20Fact%20Sheet%202018%20Q4.pdf>
72. Kravitz ND, Kusnoto B, BeGole E, Obrez A, Agran B. How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2009 Jan;135(1):27–35.
73. How Invisalign Works [Internet]. Invisalign. 2019. Available from: <https://www.invisalign.com/how-invisalign-works/>
74. Chan E, Darendeliler MA. The Invisalign ® appliance today: A thinking person's orthodontic appliance. Seminars in Orthodontics. 2017 Mar;23(1):12–64.
75. Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Treatment outcome and efficacy of an aligner technique – regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. BMC Oral Health [Internet]. 2014 Dec [cited 2019 Feb 17];14(1). Available from: <https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6831-14-68>
76. Djeu G, Shelton C, Maganzini A. Outcome assessment of Invisalign and traditional orthodontic treatment compared with the American Board of Orthodontics objective grading system. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2005 Sep;128(3):292–8; discussion 298.
77. Li W, Wang S, Zhang Y. The effectiveness of the Invisalign appliance in extraction cases using the the ABO model grading system: a multicenter randomized controlled trial. Int J Clin Exp Med. 2015 May 15;8(5):8276–82.
78. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: *A systematic review*. The Angle Orthodontist. 2015 Sep;85(5):881–9.
79. Weir T. Clear aligners in orthodontic treatment. Australian Dental Journal. 2017;62(S1):58–62.
80. Karkhanechi M, Chow D, Sipkin J, Sherman D, Boylan RJ, Norman RG, et al. Periodontal status of adult patients treated with fixed buccal appliances and removable aligners over one year of active orthodontic therapy. The Angle Orthodontist. 2013 Jan;83(1):146–51.

81. Azaripour A, Weusmann J, Mahmoodi B, Peppas D, Gerhold-Ay A, Van Noorden CJF, et al. Braces versus Invisalign®: gingival parameters and patients' satisfaction during treatment: a cross-sectional study. *BMC Oral Health* [Internet]. 2015 Dec [cited 2019 Feb 27];15(1). Available from: <https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-015-0060-4>
82. Miller KB, McGorray SP, Womack R, Quintero JC, Perelmutter M, Gibson J, et al. A comparison of treatment impacts between Invisalign aligner and fixed appliance therapy during the first week of treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2007 Mar;131(3):302.e1-302.e9.
83. Buschang PH, Shaw SG, Ross M, Crosby D, Campbell PM. Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces. *Angle Orthod*. 2013 Nov 18;
84. Zheng M, Liu R, Ni Z, Yu Z. Efficiency, effectiveness and treatment stability of clear aligners: A systematic review and meta-analysis. *Orthodontics & Craniofacial Research*. 2017 Aug;20(3):127–33.
85. Kuncio D, Maganzini A, Shelton C, Freeman K. Invisalign and Traditional Orthodontic Treatment Postretention Outcomes Compared Using the American Board of Orthodontics Objective Grading System. *The Angle Orthodontist*. 2007 Sep;77(5):864–9.
86. Clear aligners and posterior open bite – How to prevent it, and how to treat it. [Internet]. Nagy Orthodontic Academy. Available from: <https://nagyorthodonticacademy.com/clear-aligners-and-posterior-open-bites-how-to-prevent-it-and-how-to-treat-it/>
87. I treated a patient with Clear Aligners and now I see a posterior open bite, why? [Internet]. Available from: <https://kline-europe.com/en/posterior-open-bite>
88. Invisalign- After Developing a Posterior Open Bite from Invisalign Treatment, the Doctor Recommended Doing Crowns, Is This Correct? [Internet]. Realself. Available from: <https://www.realself.com/question/after-developing-posterior-open-bite-from-invisalign-treatmentthe-doctor>
89. Tag: Posterior Open Bite [Internet]. Bay Buddha Travels - Life's Adventures. 2018. Available from: <https://baybuddhatravels.com/tag/posterior-open-bite/>
90. Phan X. Clinical Limitations of Invisalign. *J Can Dent Assoc*. 2007;73(3):4.
91. Moshiri S, Araújo EA, McCray JF, Thiesen G, Kim KB. Cephalometric evaluation of adult anterior open bite non-extraction treatment with Invisalign. *Dental Press Journal of Orthodontics*. 2017 Oct;22(5):30–8.
92. Sauget E, Covell DA Jr, Boero RP, Lieber WS. Comparison of occlusal contacts with use of Hawley and clear overlay retainers. *Angle Orthod*. 1997;67(3):223–30.

93. Horton JK, Buschang PH, Oliver DR, Behrents RG. Comparison of the effects of Hawley and perfector/spring aligner retainers on postorthodontic occlusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009 Jun;135(6):729–36.
94. Bauer EM, Behrents R, Oliver DR, Buschang PH. Posterior occlusion changes with a Hawley vs Perfector and Hawley retainer: A follow-up study. *The Angle Orthodontist.* 2010 Sep;80(5):853–60.
95. Varga S, Spalj S, Anic Milosevic S, Lapter Varga M, Mestrovic S, Trinajstic Zrinski M, et al. Changes of bite force and occlusal contacts in the retention phase of orthodontic treatment: A controlled clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017 Dec;152(6):767–77.
96. Greco PM, English JD, Briss BS, Jamieson SA, Kastrop MC, Castelein PT, et al. Posttreatment tooth movement: for better or for worse. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010 Nov;138(5):552–8.
97. Dincer M, Isik Aslan B. Effects of thermoplastic retainers on occlusal contacts. *Eur J Orthod.* 2010 Feb;32(1):6–10.
98. Morton S, Pancherz H. Changes in functional occlusion during the postorthodontic retention period: a prospective longitudinal clinical study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009 Mar;135(3):310–5.
99. Lyotard N, Hans M, Nelson S, Valiathan M. Short-term postorthodontic changes in the absence of retention. *The Angle Orthodontist.* 2010 Nov;80(6):1045–50.
100. Littlewood SJ, Millett DT, Doubleday B, Bearn DR, Worthington HV. Orthodontic retention: a systematic review. *J Orthod.* 2006 Sep;33(3):205–12.
101. Pratt MC, Kluemper GT, Hartsfield JK Jr, Fardo D, Nash DA. Evaluation of retention protocols among members of the American Association of Orthodontists in the United States. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011 Oct;140(4):520–6.
102. Steinnes J, Johnsen G, Kerosuo H. Stability of orthodontic treatment outcome in relation to retention status: An 8-year follow-up. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017 Jun;151(6):1027–33.
103. Bahije L, Ennaji A, Benyahia H, Zaoui F. A systematic review of orthodontic retention systems: The verdict. *International Orthodontics.* 2018 Sep;16(3):409–24.
104. Sari Z, Uysal T, Başçiftçi FA, Inan O. Occlusal Contact Changes with Removable and Bonded Retainers in a 1-Year Retention Period. *The Angle Orthodontist.* 2009 Sep;79(5):867–72.
105. Reitan K. Clinical and histologic observations on tooth movement during and after orthodontic treatment. *Am J Orthod.* 1967 Oct;53(10):721–45.

106. Thilander B. Orthodontic relapse versus natural development. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2000 May;117(5):562–3.
107. Little RM, Artun J. An evaluation of changes in mandibular anterior alignment from 10 to 20 years postretention. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1988;93(5):423–8.
108. Birkeland K, Furevik J, Boe OE, Wisth PJ. Evaluation of treatment and post-treatment changes by the PAR Index. *Eur J Orthod*. 1997 Jun;19(3):279–88.
109. Sampson P, Årtun J, Shapiro PA, Andrés De la Cruz R. Long-term changes in arch form after orthodontic treatment and retention. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995 May;107(5):518–30.
110. de Bernabé PG-G, Montiel-Company JM, Paredes-Gallardo V, Gandía-Franco JL, Bellot-Arcís C. Orthodontic treatment stability predictors: A retrospective longitudinal study. *The Angle Orthodontist*. 2017 Mar;87(2):223–9.
111. Panigrahi D, Satpathy A, Patil A, Patel G. Occlusion and occlusal indicating materials. *Int J Appl Dent Sci*. 2015;1(4):23–6.
112. Kerstein RB. Articulating paper mark misconceptions and computerized occlusal analysis technology. *Dental Implantology Update*. 2008 Jun;19(6):41–6.
113. Saad MN, Weiner G, Ehrenberg D, Weiner S. Effects of load and indicator type upon occlusal contact markings. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2008 Apr;85(1):18–22.
114. Millstein P, Maya A. An evaluation of occlusal contact marking indicators. *The Journal of the American Dental Association*. 2001 Sep;132(9):1280–6.
115. Rozenzweig D, Rozenzweig G, Rozenzweig S. Occlusodontie. Comment trouver plus aisément les points de contact ? *Revue d'Orthopédie Dento-Faciale*. 2011 Jun;45(2):221–2.
116. Saraçoğlu A, Özpınar B. In vivo and in vitro evaluation of occlusal indicator sensitivity. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2002 Nov;88(5):522–6.
117. Carossa S, Lojcono A, Schierano G, Pera P. Evaluation of occlusal contacts in the dental laboratory: influence of strip thickness and operator experience. *Int J Prosthodont*. 2000 Jun;13(3):201–4.
118. Arcan M, Zandman F. A method for in vivo quantitative occlusal strain and stress analysis. *Journal of Biomechanics*. 1984 Jan 1;17(2):67–79.
119. Gazit E, Lieberman MA. Occlusal Contacts Following Orthodontic Treatment. *The Angle Orthodontist*. 1985 Oct 1;55(4):316–20.

120. Gazit E, Fitzig S, Lieberman MA. Reproducibility of occlusal marking techniques. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1986 Apr;55(4):505–9.
121. Koc D, Dogan A, Bek B. Bite Force and Influential Factors on Bite Force Measurements: A Literature Review. *European Journal of Dentistry*. 2010;10.
122. Shinogaya T, Bakke M, Thomsen CE, Vilmann A, Matsumoto M. Bite force and occlusal load in healthy young subjects--a methodological study. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2000 Mar;8(1):11–5.
123. Tscan user manual. 59 p.
124. T-scan [Internet]. Tekscan- Pressure Mapping, Force Measurement & Tactile Sensors. Available from: <https://www.tekscan.com/products-solutions/systems/t-scan>
125. Kerstein R, Grundset K. Obtaining measurable bilateral simultaneous occlusal contacts with computer-analyzed and guided occlusal adjustments. Vol. 32. 2001. 7 p.
126. Kerstein RB. Understanding and using the center of force. *Dentistry today*. 1998 Apr;17(4):116–9.
127. Maness WL, Podoloff R. Distribution of occlusal contacts in maximum intercuspation. *J Prosthet Dent*. 1989 Aug;62(2):238–42.
128. Mizui M, Nabeshima F, Tosa J, Tanaka M, Kawazoe T. Quantitative analysis of occlusal balance in intercuspal position using the T-scan system. *Int J Prosthodont*. 1994 Feb;7(1):62–71.
129. Kerstein RB, Lowe M, Harty M, Radke J. A force reproduction analysis of two recording sensors of a computerized occlusal analysis system. *Cranio*. 2006 Jan;24(1):15–24.
130. Koos B, Godt A, Schille C, Goz G. Precision of an instrumentation-based method of analyzing occlusion and its resulting distribution of forces in the dental arch. *J Orofac Orthop*. 2010 Nov;71(6):403–10.
131. Wang C, Yin X. Occlusal risk factors associated with temporomandibular disorders in young adults with normal occlusions. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*. 2012 Oct 1;114(4):419–23.
132. Kerstein RB, Wright NR. Electromyographic and computer analyses of patients suffering from chronic myofascial pain-dysfunction syndrome: Before and after treatment with immediate complete anterior guidance development. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1991 Nov 1;66(5):677–86.
133. Lee SM, Lee JW. Computerized occlusal analysis: correlation with occlusal indexes to assess the outcome of orthodontic treatment or the severity of malocclusion. *Korean J Orthod*. 2016 Jan;46(1):27–35.

134. An WW, Wang BK, Bai YX. [Occlusal contacts in intercuspatal position after orthodontic treatment]. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2009 Dec;44(12):735–8.
135. Garrido Garcia VC, Garcia Cartagena A, Gonzalez Sequeros O. Evaluation of occlusal contacts in maximum intercuspation using the T-Scan system. *J Oral Rehabil*. 1997 Dec;24(12):899–903.
136. Jain R, Jabbal R, Bindra S, Aggarwal S. T- Scan a digital pathway to occlusal perfection: a review. *Annals of Prosthodontics and Restorative Dentistry*. 2015;1(1):32–5.
137. Kerstein RB, Grundset K. Obtaining measurable bilateral simultaneous occlusal contacts with computer-analyzed and guided occlusal adjustments. *Quintessence Int*. 2001 Jan;32(1):7–18.
138. Dawson P. Functional occlusion: from TMJ to smile design. Vol. 1. St. Louis (MO): Mosby and Co; 2007. 347 p.
139. Berry DC, Singh BP. Daily variations in occlusal contacts. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1983 Sep 1;50(3):386–91.

Annexes

Approbation du Comité d'Éthique et de Recherche En Santé (CERES)



Comité d'éthique de la recherche clinique (CERC)

30 octobre 2019

Objet: Certificat d'approbation éthique - 1er renouvellement – « Étude comparant l'évolution de l'occlusion, sur une période de six mois après-traitement, entre des traitements par boîtiers fixes et des traitements par coquilles (Invisalign®) à l'aide d'une analyse occlusale assistée par ordinateur (T-scan™) »

Mme Colette Boulos,

Le Comité d'éthique de la recherche clinique (CERC) a étudié votre demande de renouvellement pour le projet de recherche susmentionné et a délivré le certificat d'éthique demandé suite à la satisfaction des exigences qui prévalent. Vous trouverez ci-joint une copie numérisée de votre certificat; copie également envoyée à votre directeur/directrice de recherche et à la technicienne en gestion de dossiers étudiants (TGDE) de votre département.

Notez qu'il y apparaît une mention relative à un suivi annuel et que le certificat comporte une date de fin de validité. En effet, afin de répondre aux exigences éthiques en vigueur au Canada et à l'Université de Montréal, nous devons exercer un suivi annuel auprès des chercheurs et étudiants-chercheurs.

De manière à rendre ce processus le plus simple possible et afin d'en tirer pour tous le plus grand profit, nous avons élaboré un court questionnaire qui vous permettra à la fois de satisfaire aux exigences du suivi et de nous faire part de vos commentaires et de vos besoins en matière d'éthique en cours de recherche. Ce questionnaire de suivi devra être rempli annuellement jusqu'à la fin du projet et pourra nous être retourné par courriel. La validité de l'approbation éthique est conditionnelle à ce suivi. Sur réception du dernier rapport de suivi en fin de projet, votre dossier sera clos.

Il est entendu que cela ne modifie en rien l'obligation pour le chercheur, tel qu'indiqué sur le certificat d'éthique, de signaler au Comité tout incident grave dès qu'il survient ou de lui faire part de tout changement anticipé au protocole de recherche.

Nous vous prions d'agréer, Madame, l'expression de nos sentiments les meilleurs,

Camille Assémat
Conseillère en éthique de la recherche
Comité d'éthique de la recherche clinique (CERC)
Université de Montréal

c.c. Gestion des certificats, BRDV
Andrée Montpetit, professeure agrégée, Faculté de médecine dentaire - Santé buccale
Patrick Arcache, chargé de clinique, Faculté de médecine dentaire - Santé buccale
p.j. Certificat #18-060-CERES-D(1)

adresse postale
C.P. 6128, succ. Centre-ville
Montréal QC H3C 3J7

3333 Queen-Mary
2e étage, bur. 220-7
Montréal QC H3V 1A2

Téléphone : 514-343-6111 poste 27395
cerc@umontreal.ca
www.cerc.umontreal.ca

Formulaire de consentement de recherche- pour patients majeurs.



FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT

Comparaison de l'évolution de l'occlusion, sur une période de six mois après-traitement, entre des traitements par boîtiers fixes et des traitements par coquilles (Invisalign®) à l'aide d'une analyse occlusale assistée par ordinateur (T-scan™)

Étudiante-chercheuse

Colette Boulos

Étudiante : Candidate à la maîtrise en médecine dentaire- option Orthodontie

Faculté de médecine dentaire- Département de santé buccale, Section d'orthodontie, Université de Montréal

Téléphone : [REDACTED]

Courriel : colette.boulos@umontreal.ca

Sous la direction de :

Directrice de recherche

Dre Andrée Montpetit

Professeure agrégée en orthodontie, DMD, M .Sc., FRCD

Faculté de médecine dentaire- Département de santé buccale, Section d'orthodontie, Université de Montréal

Courriel : andree.montpetit@umontreal.ca

Co-directeur de recherche

Dr Patrick Arcache

Chargé de la Clinique de Douleur et Dysfonctions Bucco-faciales en orthodontie, DMD

Faculté de médecine dentaire- Département de santé buccale, Section d'orthodontie, Université de Montréal

Courriel : [REDACTED]

Collaborateurs de recherche

Dr Jérémie Abikhzer

Clinicien en orthodontie, DMD, M .Sc., FRCD
Faculté de médecine dentaire– Département
de santé buccale, Section d'orthodontie,
Université de Montréal
Courriel : jeremie.abikhzer@umontreal.ca

Dr Serge Baril

Clinicien en orthodontie, DMD, M .Sc., FRCD
Faculté de médecine dentaire– Département
de santé buccale, Section d'orthodontie,
Université de Montréal
Courriel : serge.baril@umontreal.ca

Dr Donald Blais

Clinicien en orthodontie, DMD, M .Sc., FRCD
Faculté de médecine dentaire– Département
de santé buccale, Section d'orthodontie,
Université de Montréal
Courriel : donald.blais@umontreal.ca

Dr Hicham El-Khatib

Professeur agrégé en orthodontie, DMD,
M.Sc., FRCD
Faculté de médecine dentaire– Département
de santé buccale, Section d'orthodontie,
Université de Montréal
Courriel : hicham.el-khatib@umontreal.ca

Dr Réjean Labrie

Clinicien en orthodontie, DMD, M .Sc., FRCD
Faculté de médecine dentaire– Département
de santé buccale, Section d'orthodontie,
Université de Montréal
Courriel : rejean.labrie@umontreal.ca

Dr Paul Morton

Clinicien en orthodontie, DMD, M .Sc., FRCD
Faculté de médecine dentaire– Département
de santé buccale, Section d'orthodontie,
Université de Montréal
Courriel : paul.morton@umontreal.ca

Dre Clarice Nishio

Professeur adjointe en orthodontie, DMD, M
.Sc., Ph.D
Faculté de médecine dentaire– Département
de santé buccale, Section d'orthodontie,
Université de Montréal
Courriel : clarice.nishio@umontreal.ca

Dr Vincent Péloquin

Clinicien en orthodontie, DMD, M .Sc., FRCD
Faculté de médecine dentaire– Département
de santé buccale, Section d'orthodontie,
Université de Montréal
Courriel : vincent.peloquin@umontreal.ca

Dr Jocelyn Talbot

Clinicien en orthodontie, DMD, M .Sc., FRCD
Faculté de médecine dentaire– Département
de santé buccale, Section d'orthodontie,
Université de Montréal
Courriel : jocelyn.talbot@umontreal.ca

Dr Jack Turkewicz

Professeur agrégé en orthodontie, DMD, M
.Sc., FRCD
Faculté de médecine dentaire– Département
de santé buccale, Section d'orthodontie,
Université de Montréal
Courriel : jack.turkewicz@umontreal.ca

Les capteurs qui seront utilisés sont fournis par T-scan™. Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêts.

Vous êtes invité à participer à un projet de recherche. Avant d'accepter d'y participer, veuillez prendre le temps de lire ce document présentant les conditions de participation au projet. N'hésitez pas à poser toutes les questions que vous jugerez utiles à la personne qui vous présente ce document.

Description du projet et des objectifs de recherche

L'occlusion dentaire est la façon dont s'emboîtent les dents du haut et du bas ensemble. Obtenir une bonne occlusion et des contacts bien répartis est un des objectifs principaux que l'on cherche à atteindre lors d'un traitement orthodontique. Ceci pourrait prévenir à long terme de développer certains problèmes, comme par exemple de la douleur aux articulations ou aux dents. De façon naturelle, à la fin d'un traitement orthodontique et pendant les semaines suivantes, les dents continuent de s'ajuster pour bien s'engrener ensemble.

Ce projet a pour but d'analyser l'occlusion de manière précise, suite à un traitement orthodontique et voir son évolution pendant une période de six mois. On cherche à comparer la qualité de l'occlusion finale lorsque les traitements sont faits avec Invisalign® ou avec des broches conventionnelles et voir s'il y a une différence entre les deux types de traitements. Est-ce que le fait d'avoir des coquilles qui empêchent les dents de se toucher pendant la durée du traitement lors d'un traitement Invisalign® ralentit ou affecte l'obtention d'une occlusion équilibrée dans les semaines qui suivent la fin du traitement par rapport à un traitement avec broches?

À l'aide d'un capteur électronique T-scan™, on peut évaluer de façon très précise la répartition des contacts en bouche. L'appareil ressemble à une mince feuille de papier sur lequel il s'agit simplement de fermer les dents. En mordant 3 fois sur ce capteur, le système informatisé peut nous donner précisément beaucoup d'informations : la répartition des contacts sur les dents à droite/gauche, en avant/en arrière et d'autres informations semblables.

Dans le cadre de cette étude, nous analyserons l'occlusion de 60 patients (hommes et femmes) - 20 ayant eu un traitement par coquilles Invisalign®, 20 ayant eu un traitement avec des broches conventionnelles. Ces deux groupes seront aussi comparés à un groupe contrôle formé également de 20 personnes qui n'aura eu aucun traitement orthodontique récent.

Déroulement de la participation

Les participants de l'étude seront vus à la clinique le jour où ils terminent leur traitement (jour où ils enlèvent leurs broches ou leurs coquilles), 3 mois et 6 mois après la fin de leur traitement. À ces 3 moments, ils seront examinés par l'étudiante en orthodontie, Dre Colette Boulos, qui effectuera un examen sommaire, posera aux participants deux questions pour évaluer leur confort depuis la fin du traitement, et fera un enregistrement de l'occlusion à l'aide du T-scan™. Pour faire cet enregistrement, il s'agit de mordre sur le capteur à 3 reprises. Le tout devrait prendre une dizaine de minutes.



<http://www.dentalintelligence.com.au/equipment/view-by-brand/tekscan>

Le groupe contrôle sera vu une première fois et 6 mois suivant cette date. À ces deux moments, la même procédure décrite sera faite par l'étudiante Dre Colette Boulos : un examen sommaire, répondre à deux questions et un enregistrement à l'aide du T-scan™.

Pour obtenir des résultats concluants, la coopération des participants est demandée afin de respecter les 3 rendez-vous qui seront prévus.

Avantages et bénéfices

- Les patients qui participent à l'étude bénéficieront d'une analyse de leur occlusion avec une technologie de fine pointe. Ceci pourrait aider à déceler s'il y a un débalancement au niveau occlusal.
- Les patients bénéficieront d'un suivi plus rigoureux au cours des six mois suivant la fin de leur traitement.
- La participation à cette étude aidera aussi à mieux comprendre la qualité de la fin des traitements orthodontiques dans le but de toujours améliorer les soins offerts à nos patients.

Ce projet a été approuvé par le Comité d'éthique de la recherche en santé de l'Université de Montréal.
Projet no 18-058-CERES-D

Page 4 sur 9

Risques et inconvénients

- L'équipe de recherche est d'avis que la participation à ce projet de recherche (hormis l'inconvénient du temps et des déplacements) comporte peu de risque pour vous.
- Les normes d'asepsie seront respectées et l'appareil utilisé sera nettoyé après chaque utilisation.

Note importante

Ces suivis ne remplacent pas les suivis avec l'orthodontiste ou étudiant qui a complété votre traitement bien qu'on pourra essayer de les faire coïncider s'ils sont requis aux mêmes moments dans le but de ne pas augmenter le nombre de rendez-vous déjà prévus lors d'un suivi post traitement orthodontique.

Compensation

Aucune compensation ne sera offerte aux participants de l'étude.

Confidentialité et gestion des données

Les mesures suivantes seront appliquées pour assurer la confidentialité des renseignements fournis par les participants:

- Les noms ou l'identité des participants ne paraîtront dans aucun rapport;
- Les formulaires seront conservés dans un dossier de recherche identifié par un numéro qui sera assigné à chaque participant;
- La liste des codes permettant de relier les participants à leur dossier de recherche sera conservée au département d'Orthodontie et seuls les membres de l'équipe de recherche y aura accès;
- Tous les documents (formulaires, liste des participants, données de recherche) seront conservés au département d'Orthodontie de l'Université de Montréal dans un classeur verrouillé dans le bureau de la directrice de recherche (un local fermé à clé).
- Les données électroniques de l'étude seront conservées sur un serveur sécurisé, muni d'un pare-feu de l'Université de Montréal;
- Vous aurez le droit de consulter votre dossier de recherche si vous le désirez afin de vérifier l'exactitude de vos données et de demander des rectifications si nécessaires;
- La recherche fera possiblement l'objet de publications et de présentations dans des revues scientifiques, mais il ne sera pas possible de vous identifier;
- Les données recueillies seront conservées à la clinique d'orthodontie de l'Université de Montréal pour une période de 7 ans suivant la fin du projet de recherche. Par la suite, toutes les informations seront détruites;

-
- Si vous acceptez que les données soient conservées au-delà du présent projet, la liste reliant votre nom au code utilisé sera détruite. Il ne sera alors plus possible de vous identifier.

Retour des résultats généraux

Un court résumé vulgarisé des résultats de la recherche sera transmis aux participants qui en feront la demande en indiquant l'adresse électronique où ils aimeraient recevoir le document, juste après l'espace prévu pour leur signature. Il est possible que les résultats généraux de ce projet soient publiés dans une revue scientifique ou présentés lors de conférences.

Participation volontaire et droit de retrait

Vous êtes libre d'accepter ou de refuser de participer à ce projet de recherche. Vous pouvez vous retirer de cette étude à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raison. Vous avez simplement à aviser la personne ressource de l'équipe de recherche et ce, par simple avis verbal. Votre décision de ne pas participer à cette étude ou de vous en retirer n'aura aucune conséquence sur la qualité des soins et des services, actuels ou futurs, auxquels vous avez droit à la Clinique.

En cas de retrait, vous pouvez demander la destruction des données ou du matériel vous concernant. Cependant, il sera impossible de retirer vos données ou votre matériel des analyses menées une fois ces dernières publiées ou diffusées.

Responsabilité de l'équipe de recherche

En acceptant de participer à cette étude, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez les chercheurs, ou l'établissement de leurs responsabilités civiles et professionnelles.

Personnes-ressources

Si vous avez des questions sur les aspects scientifiques du projet de recherche ou si vous désirez vous retirer de l'étude, vous pouvez contacter :

Dre Colette Boulos
Étudiante-chercheuse
Candidate à la maîtrise en orthodontie

Ce projet a été approuvé par le Comité d'éthique de la recherche en santé de l'Université de Montréal.
Projet no 18-058-CERES-D

Page 6 sur 9

Faculté de médecine dentaire, section d'orthodontie
Université de Montréal
Téléphone : [REDACTED]
Courriel : colette.boulos@umontreal.ca

Pour toute préoccupation sur vos droits ou sur les responsabilités des chercheurs concernant votre participation à ce projet, vous pouvez contacter le conseiller en éthique du Comité d'éthique de la recherche en santé (CERES) :

Courriel: ceres@umontreal.ca
Téléphone au (514) 343-6111 poste 2604
Site Web: <http://recherche.umontreal.ca/participants>

Toute plainte concernant cette recherche peut être adressée à l'ombudsman de l'Université de Montréal, au numéro de téléphone (514) 343-2100 ou à l'adresse courriel ombudsman@umontreal.ca. L'ombudsman accepte les appels à frais virés. Il s'exprime en français et en anglais et prend les appels entre 9h et 17h.

Consentement

Déclaration du participant

Je comprends que je peux prendre mon temps pour réfléchir avant de donner mon accord ou non à participer à la recherche.

Je peux poser des questions à l'équipe de recherche et exiger des réponses satisfaisantes.

Je comprends qu'en participant à ce projet de recherche, je ne renonce à aucun de mes droits ni ne dégage les chercheurs de leurs responsabilités.

J'ai pris connaissance du présent formulaire d'information et de consentement et j'accepte de participer au projet de recherche.

Autorisation spécifique : Utilisation secondaire des données

Nous souhaiterions conserver les données qui seront recueillies dans la présente étude pour une utilisation ultérieure dans le cadre de projets de recherches futurs, après les avoir dénominalisées de manière irréversible et rendue anonymes (suite à la destruction de tous les documents et fichiers contenant des renseignements personnels permettant d'identifier les participants) et conditionnellement à l'approbation éthique de ces projets par un comité d'éthique de la recherche.

Acceptez-vous que vos données de recherche soient utilisées pour réaliser d'autres projets de recherche ?

Oui ☐ Non ☐

Prénom et nom du participant
(Caractères d'imprimerie)

Signature du participant

Courriel (pour recevoir retour des résultats-
facultatif)

Date

Engagement du chercheur

Ce projet a été approuvé par le Comité d'éthique de la recherche en santé de l'Université de Montréal.
Projet no 18-058-CERES-D

Page 8 sur 9

Comparaison de l'évolution de l'occlusion, sur une période de six mois après-traitement, entre des traitements par boîiers fixes et des traitements par coquilles (Invisalign®) à l'aide d'une analyse occlusale assistée par ordinateur (Tscan™)

Enquêteur-chercheur : Colette Boulos

Formulaire d'information et de consentement - Version No 4

J'ai expliqué les conditions de participation au projet de recherche au participant. J'ai répondu au meilleur de ma connaissance aux questions posées et me suis assuré de la compréhension du participant. Je m'engage, avec l'équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au présent formulaire d'information et de consentement.

Prénom et nom du chercheur
(Caractères d'imprimerie)

Signature du chercheur

Date

Ce projet a été approuvé par le Comité d'éthique de la recherche en santé de l'Université de Montréal.
Projet no 18-058-CERES-D

Page 9 sur 9

Formulaire de consentement de recherche- pour patients mineurs.



FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT

Comparaison de l'évolution de l'occlusion, sur une période de six mois après-traitement, entre des traitements par boîtiers fixes et des traitements par coquilles (Invisalign®) à l'aide d'une analyse occlusale assistée par ordinateur (T-scan™)

Étudiante-chercheuse

Colette Boulos

Étudiante : Candidate à la maîtrise en médecine dentaire- option Orthodontie

Faculté de médecine dentaire- Département de santé buccale, Section d'orthodontie, Université de Montréal

Téléphone : [REDACTED]

Courriel : colette.boulos@umontreal.ca

Sous la direction de :

Directrice de recherche

Dre Andrée Montpetit

Professeure agrégée en orthodontie, DMD, M .Sc., FRCD

Faculté de médecine dentaire- Département de santé buccale, Section d'orthodontie, Université de Montréal

Courriel : andree.montpetit@umontreal.ca

Co-directeur de recherche

Dr Patrick Arcache

Chargé de la Clinique de Douleur et Dysfonctions Bucco-faciales en orthodontie, DMD

Faculté de médecine dentaire- Département de santé buccale, Section d'orthodontie, Université de Montréal

Courriel : [REDACTED]

Collaborateurs de recherche

Dr Jérémie Abikhzer

Clinicien en orthodontie, DMD, M .Sc., FRCD
Faculté de médecine dentaire– Département
de santé buccale, Section d'orthodontie,
Université de Montréal
Courriel : jeremie.abikhzer@umontreal.ca

Dr Serge Baril

Clinicien en orthodontie, DMD, M .Sc., FRCD
Faculté de médecine dentaire– Département
de santé buccale, Section d'orthodontie,
Université de Montréal
Courriel : serge.baril@umontreal.ca

Dr Donald Blais

Clinicien en orthodontie, DMD, M .Sc., FRCD
Faculté de médecine dentaire– Département
de santé buccale, Section d'orthodontie,
Université de Montréal
Courriel : donald.blais@umontreal.ca

Dr Hicham El-Khatib

Professeur agrégé en orthodontie, DMD,
M.Sc., FRCD
Faculté de médecine dentaire– Département
de santé buccale, Section d'orthodontie,
Université de Montréal
Courriel : hicham.el-khatib@umontreal.ca

Dr Réjean Labrie

Clinicien en orthodontie, DMD, M .Sc., FRCD
Faculté de médecine dentaire– Département
de santé buccale, Section d'orthodontie,
Université de Montréal
Courriel : rejean.labrie@umontreal.ca

Dr Paul Morton

Clinicien en orthodontie, DMD, M .Sc., FRCD
Faculté de médecine dentaire– Département
de santé buccale, Section d'orthodontie,
Université de Montréal
Courriel : paul.morton@umontreal.ca

Dre Clarice Nishio

Professeur adjointe en orthodontie, DMD, M
.Sc., Ph.D
Faculté de médecine dentaire– Département
de santé buccale, Section d'orthodontie,
Université de Montréal
Courriel : clarice.nishio@umontreal.ca

Dr Vincent Péloquin

Clinicien en orthodontie, DMD, M .Sc., FRCD
Faculté de médecine dentaire– Département
de santé buccale, Section d'orthodontie,
Université de Montréal
Courriel : vincent.peloquin@umontreal.ca

Dr Jocelyn Talbot

Clinicien en orthodontie, DMD, M .Sc., FRCD
Faculté de médecine dentaire– Département
de santé buccale, Section d'orthodontie,
Université de Montréal
Courriel : jocelyn.talbot@umontreal.ca

Dr Jack Turkewicz

Professeur agrégé en orthodontie, DMD, M
.Sc., FRCD
Faculté de médecine dentaire– Département
de santé buccale, Section d'orthodontie,
Université de Montréal
Courriel : jack.turkewicz@umontreal.ca

Les capteurs qui seront utilisés sont fournis par T-scan™. Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêts.

Nous sollicitons la participation de votre enfant à un projet de recherche. Avant d'accepter qu'il y participe, veuillez prendre le temps de lire ce document présentant les conditions de participation au projet. N'hésitez pas à poser toutes les questions que vous jugerez utiles à la personne qui vous présente ce document.

Description du projet et des objectifs de recherche

L'occlusion dentaire est la façon dont s'emboîtent les dents du haut et du bas ensemble. Obtenir une bonne occlusion et des contacts bien répartis est un des objectifs principaux que l'on cherche à atteindre lors d'un traitement orthodontique. Ceci pourrait prévenir à long terme de développer certains problèmes, comme par exemple de la douleur aux articulations ou aux dents. De façon naturelle, à la fin d'un traitement orthodontique et pendant les semaines suivantes, les dents continuent de s'ajuster pour bien s'engrener ensemble.

Ce projet a pour but d'analyser l'occlusion de manière précise, suite à un traitement orthodontique et voir son évolution pendant une période de six mois. On cherche à comparer la qualité de l'occlusion finale lorsque les traitements sont faits avec Invisalign® ou avec des broches conventionnelles et voir s'il y a une différence entre les deux types de traitements. Est-ce que le fait d'avoir des coquilles qui empêchent les dents de se toucher pendant la durée du traitement lors d'un traitement Invisalign® ralentit ou affecte l'obtention d'une occlusion équilibrée dans les semaines qui suivent la fin du traitement par rapport à un traitement avec broches?

À l'aide d'un capteur électronique T-scan™, on peut évaluer de façon très précise la répartition des contacts en bouche. L'appareil ressemble à une mince feuille de papier sur lequel il s'agit simplement de fermer les dents. En mordant 3 fois sur ce capteur, le système informatisé peut nous donner précisément beaucoup d'informations : la répartition des contacts sur les dents à droite/gauche, en avant/en arrière et d'autres informations semblables.

Dans le cadre de cette étude, nous analyserons l'occlusion de 60 patients (hommes et femmes) - 20 ayant eu un traitement par coquilles Invisalign®, 20 ayant eu un traitement avec des broches conventionnelles. Ces deux groupes seront aussi comparés à un groupe contrôle formé également de 20 personnes qui n'aura eu aucun traitement orthodontique récent.

Ce projet a été approuvé par le Comité d'éthique de la recherche en santé de l'Université de Montréal.
Projet n° 15-010-CERE5-D

Page 3 sur 9

Déroulement de la participation

Les participants de l'étude seront vus à la clinique le jour où ils terminent leur traitement (jour où ils enlèvent leurs broches ou leurs coquilles), 3 mois et 6 mois après la fin de leur traitement. À ces 3 moments, ils seront examinés par l'étudiante en orthodontie, Dre Colette Boulos, qui effectuera un examen sommaire, posera aux participants deux questions pour évaluer leur confort depuis la fin du traitement, et fera un enregistrement de l'occlusion à l'aide du T-scan™. Pour faire cet enregistrement, il s'agit de mordre sur le capteur à 3 reprises. Le tout devrait prendre une dizaine de minutes.



<http://www.dentalintelligence.com.au/equipment/view-by-brand/teksan>

Le groupe contrôle sera vu une première fois et 6 mois suivant cette date. À ces deux moments, la même procédure décrite sera faite par l'étudiante Dre Colette Boulos : un examen sommaire, répondre à deux questions et un enregistrement à l'aide du T-scan™.

Pour obtenir des résultats concluants, la coopération des participants est demandée afin de respecter les 3 rendez-vous qui seront prévus.

Avantages et bénéfices

- Les patients qui participent à l'étude bénéficieront d'une analyse de leur occlusion avec une technologie de fine pointe. Ceci pourrait aider à déceler s'il y a un déséquilibre au niveau occlusal.
- Les patients bénéficieront d'un suivi plus rigoureux au cours des six mois suivant la fin de leur traitement.
- La participation à cette étude aidera aussi à mieux comprendre la qualité de la fin des traitements orthodontiques dans le but de toujours améliorer les soins offerts à nos patients.

Ce projet a été approuvé par le Comité d'éthique de la recherche en santé de l'Université de Montréal.
Projet no 15-010-CERES-D

Page 4 sur 9

Risques et inconvénients

- L'équipe de recherche est d'avis que la participation à ce projet de recherche (hormis l'inconvénient du temps et des déplacements) comporte peu de risque pour votre enfant.
- Les normes d'asepsie seront respectées et l'appareil utilisé sera nettoyé après chaque utilisation.

Note importante

Ces suivis ne remplacent pas les suivis avec l'orthodontiste ou étudiant qui a complété le traitement de votre enfant bien qu'on pourra essayer de les faire coïncider s'ils sont requis aux mêmes moments dans le but de ne pas augmenter le nombre de rendez-vous déjà prévus lors d'un suivi post traitement orthodontique.

Compensation

Aucune compensation ne sera offerte aux participants de l'étude.

Confidentialité et gestion des données

Les mesures suivantes seront appliquées pour assurer la confidentialité des renseignements fournis par les participants:

- Les noms ou l'identité des participants ne paraîtront dans aucun rapport;
- Les formulaires seront conservés dans un dossier de recherche identifié par un numéro qui sera assigné à chaque participant;
- La liste des codes permettant de relier les participants à leur dossier de recherche sera conservée au département d'Orthodontie et seuls les membres de l'équipe de recherche y aura accès;
- Tous les documents (formulaires, liste des participants, données de recherche) seront conservés au département d'Orthodontie de l'Université de Montréal dans un classeur verrouillé dans le bureau de la directrice de recherche (un local fermé à clé).
- Les données électroniques de l'étude seront conservées sur un serveur sécurisé, muni d'un pare-feu de l'Université de Montréal;
- Vous ou votre enfant aurez le droit de consulter le dossier de recherche de votre enfant si vous le désirez afin de vérifier l'exactitude de vos données et de demander des rectifications si nécessaires;
- La recherche fera possiblement l'objet de publications et de présentations dans des revues scientifiques, mais il ne sera pas possible d'identifier votre enfant;

-
- Les données recueillies seront conservées à la clinique d'orthodontie de l'Université de Montréal pour une période de 7 ans suivant la fin du projet de recherche. Par la suite, toutes les informations seront détruites;
 - Si vous acceptez que les données soient conservées au-delà du présent projet, la liste reliant votre nom au code utilisé sera détruite. Il ne sera alors plus possible d'identifier votre enfant.

Retour des résultats généraux

Un court résumé vulgarisé des résultats de la recherche sera transmis aux participants et à leur représentant légal qui en feront la demande en indiquant l'adresse électronique où ils aimeraient recevoir le document, juste après l'espace prévu pour leur signature. Il est possible que les résultats généraux de ce projet soient publiés dans une revue scientifique ou présentés lors de conférences.

Participation volontaire et droit de retrait

Vous et votre enfant êtes libre d'accepter ou de refuser qu'il participe à ce projet de recherche. Vous ou votre enfant pouvez choisir qu'il soit retiré de cette étude à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raison. Vous avez simplement à aviser la personne ressource de l'équipe de recherche et ce, par simple avis verbal. Votre décision ou la sienne de ne pas participer à cette étude ou de l'en retirer n'aura aucune conséquence sur la qualité des soins et des services, actuels ou futurs, auxquels votre enfant a droit à la Clinique.

En cas de retrait, vous pouvez demander la destruction des données ou du matériel le/la concernant. Cependant, il sera impossible de retirer ses données ou matériel des analyses menées une fois ces dernières publiées ou diffusées.

Responsabilité de l'équipe de recherche

En acceptant de participer à cette étude, votre enfant ne renonce à aucun de ses droits ni ne libère les chercheurs, ou l'établissement de leurs responsabilités civiles et professionnelles.

Personnes-ressources

Si vous avez des questions sur les aspects scientifiques du projet de recherche ou si vous désirez retirer votre enfant de l'étude, vous pouvez contacter :

Dre Colette Boulos
Étudiante-chercheuse
Candidate à la maîtrise en orthodontie
Faculté de médecine dentaire, section d'orthodontie
Université de Montréal
Téléphone : [REDACTED]
Courriel : colette.boulos@umontreal.ca

Pour toute préoccupation sur vos droits ou sur les responsabilités des chercheurs concernant la participation de votre enfant à ce projet, vous pouvez contacter le conseiller en éthique du Comité d'éthique de la recherche en santé (CERES) :

Courriel: ceres@umontreal.ca
Téléphone au (514) 343-6111 poste 2604
Site Web: <http://recherche.umontreal.ca/participants>

Toute plainte concernant cette recherche peut être adressée à l'ombudsman de l'Université de Montréal, au numéro de téléphone (514) 343-2100 ou à l'adresse courriel ombudsman@umontreal.ca. L'ombudsman accepte les appels à frais virés. Il s'exprime en français et en anglais et prend les appels entre 9h et 17h.

Consentement

Déclaration du participant

En ma qualité de représentant légal, je comprends que je peux prendre mon temps pour réfléchir avant de donner mon accord ou non à ce que mon enfant participe à la recherche.

Je peux poser des questions à l'équipe de recherche et exiger des réponses satisfaisantes.

Je comprends qu'en participant à ce projet de recherche, mon enfant ne renonce à aucun de mes droits ni ne dégage les chercheurs de leurs responsabilités.

J'ai pris connaissance du présent formulaire d'information et de consentement et j'accepte que mon enfant participe au projet de recherche.

Nom de l'enfant mineur

Assentiment de l'enfant capable de comprendre la nature du projet

Assentiment verbal de l'enfant incapable de signer mais capable de comprendre la nature de ce projet:

Oui ☐ Non ☐

Autorisation spécifique : Utilisation secondaire des données

Nous souhaiterions conserver les données qui seront recueillies dans la présente étude pour une utilisation ultérieure dans le cadre de projets de recherches futurs, après les avoir dénominalisées de manière irréversible et rendue anonymes (suite à la destruction de tous les documents et fichiers contenant des renseignements personnels permettant d'identifier les participants) et conditionnellement à l'approbation éthique de ces projets par un comité d'éthique de la recherche.

Acceptez-vous que les données de recherche de votre enfant soient utilisées pour réaliser d'autres projets de recherche ?

Oui ☐ Non ☐

Ce projet a été approuvé par le Comité d'éthique de la recherche en santé de l'Université de Montréal.
Projet no 18-018-CERES-D

Page 8 sur 9

Assentiment de l'enfant capable de comprendre la nature du projet

Prénom et nom du parent/tuteur
(Caractères d'imprimerie)

Signature du parent/tuteur

Lien avec le participant

Date

Courriel du parent/tuteur
(pour recevoir retour des résultats- facultatif)

Engagement du chercheur

J'ai expliqué les conditions de participation au projet de recherche au participant et à son représentant légal. J'ai répondu au meilleur de ma connaissance aux questions posées et je me suis assuré de la compréhension du participant. Je m'engage, avec l'équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au présent formulaire d'information et de consentement. Je m'engage à respecter tout refus de participer exprimé par le participant. Je m'engage à remettre copie signée et datée du Formulaire d'information et de consentement au représentant légal.

Prénom et nom du chercheur
(Caractères d'imprimerie)

Signature du chercheur

Date

Ce projet a été approuvé par le Comité d'éthique de la recherche en santé de l'Université de Montréal.
Projet NO 15-010-CERE5-D

Page 9 sur 9

Questionnaire d'évaluation du niveau de douleur et de confort rempli par les patients à leurs suivi

Questionnaire pour patients

(sera rempli par le chercheur- Dre Colette Boulos qui posera ces questions verbalement aux patients à chaque rencontre)

T0

Quel est votre niveau de confort lorsque vous fermez les dents ensemble?

Encerclez une note de 0 à 10.

0= Je suis très inconfortable.

10= Je me sens très confortable

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ressentez-vous de la douleur aux dents ou aux articulations temporomandibulaires?

Encerclez une note de 0 à 10.

0= Je ne ressens aucune douleur

10- Je ressens des douleurs très intenses

Douleur aux dents :

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Douleur aux articulations temporomandibulaires :

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

T3

Quel est votre niveau de confort lorsque vous fermez les dents ensemble?

Encerclez une note de 0 à 10.

0= Je suis très inconfortable.

10= Je me sens très confortable

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ressentez-vous de la douleur aux dents ou aux articulations temporomandibulaires?

Encerclez une note de 0 à 10.

0= Je ne ressens aucune douleur

10- Je ressens des douleurs très intenses

Douleur aux dents :

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Douleur aux articulations temporomandibulaires :

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

T6

Quel est votre niveau de confort lorsque vous fermez les dents ensemble?

Encerclez une note de 0 à 10.

0= Je suis très inconfortable.

10= Je me sens très confortable

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ressentez-vous de la douleur aux dents ou aux articulations temporomandibulaires?

Encerclez une note de 0 à 10.

0= Je ne ressens aucune douleur

10- Je ressens des douleurs très intenses

Douleur aux dents :

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Douleur aux articulations temporomandibulaires :

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Accord de patient pour l'utilisation de photo pour l'article soumis à *The Angle Orthodontist*

PATIENT RELEASE

A comparative digital occlusal analysis (T-Scan™), over a six month retention period, of orthodontic treatments provided with fixed appliance therapy and clear aligners (Invisalign®)

I hereby grant all rights to publish photographs or other images of me in the above manuscript where I appear as a patient or subject without payment of any kind. I have been informed that any images of me that do appear may be modified.

Patient name

_____ 02/24/20

Date

Patient signature